Band 40 / Heft 1 *Februar 1957*

MONWEALTH INST.
OLOGY LIBRARY
18 MAR 1957
AL
ARATE Eu.270

ZEITSCHRIFT FÜR ANGEWANDTE ENTOMOLOGIE

ZUGLEICH ORGAN DER DEUTSCHEN GESELLSCHAFT FÜR ANGEWANDTE ENTOMOLOGIE

BEGRÜNDET VON K. ESCHERICH

HERAUSGEGEBEN VON

W. ZWÖLFER

Dr. rer. nat., o. ö. Professor für angewandte Zoologie
an der Universität München

Mit 40 Abbildungen

VERLAG PAUL PAREY · HAMBURG UND BERLIN
HAMBURG 1 · SPITALERSTRASSE 12

Inhalt

ORIGINALAUFSÄTZE

Untersuchungen über die Populationsdynamik des Eichenwicklers (*Tortrix viridana* L.) Teil I. Von FRIEDRICH SCHÜTTE. 1

Boarmia bistortata Goeze als Lärchenschädling. Von ERWIN SCHIMITSCHEK. 37

Die Lärchenminiermotte, *Coleophora laricella* Hb., ein neuer Schädling an der Douglasie? Von RUDOLF GAUSS. 52

Die Mikrosporidie *Thelohania hyphantriae* Weiser des weißen Bärenspinners und anderer Mitglieder seiner Biocönose. Von JAROSLAV WEISER und JAROSLAV VEBER. 55

Some parasitic Hymenoptera associated with lac. By S. MAHDIHASSAN. 71

Einschleppungsgeschichte und Verbreitung des *Xylosandrus germanus* Blandf. in Westdeutschland (nebst einem Anhang: *Xyleborus adumbratus* Blandf.). Von HEINRICH E. WICHMANN. 82

Periodicity in Aphid Moulting and Reproduction in Constant Temperature and Light. By E. HAINE. 100

PERSONALIEN: HERMANN WEBER † 125

REFERATE 127

Schriftleitung: Alle Einsendungen sind mit dem ausdrücklichen Vermerk „Für Zeitschrift für angewandte Entomologie" ausschließlich an Prof. Dr. W. Zwölfer, München 13, Amalienstr. 52, Gartengeb. zu richten.

Manuskripte: Die Zeitschrift veröffentlicht Originalabhandlungen, kleine Mitteilungen und Buchbesprechungen. Die Beiträge sind so kurz und präzise wie möglich zu halten. Tabellen und Abbildungen wird gebeten, auf das Notwendigste zu beschränken. Jeder Abhandlung ist am Schluß eine kurze Zusammenfassung der wichstigsten Ergebnisse in deutscher, und wenn möglich, englischer Sprache anzufügen. Die Titel zitierter Zeitschriften sind nach den internationalen Regeln zu kürzen. Für Manuskripte, die einen Umfang von 50 Seiten übersteigen, bittet der Herausgeber, vor Absendung mit ihm Fühlung aufzunehmen.

Es wird gebeten, die Manuskripte möglichst mit Schreibmaschine und nur einseitig zu schreiben und Sperrungen möglichst zu vermeiden. Photographische Abbildungsvorlagen müssen so beschaffen sein, daß sie eine kontrastreiche Wiedergabe ermöglichen. Alle dem Manuskript beiliegenden Unterlagen wie Photographien, Zeichnungen, Tabellen sollen auf der Rückseite mit dem Namen des Verfassers und dem Titel des Beitrages versehen sein. Bei Abbildungen, die bereits erfolgten Veröffentlichungen entnommen werden sollen, ist eine genaue Quellenangabe erforderlich.

Mit der Übersendung des Manuskriptes räumt der Verfasser dem Verlag Paul Parey für die Dauer des urheberrechtlichen Schutzes das Recht ein, die photomechanische Vervielfältigung seines Aufsatzes durch gewerbliche Unternehmen zum innerbetrieblichen Gebrauch zu genehmigen.

Honorierung: Das Mitarbeiterhonorar beträgt DM 40,— je Druckbogen von 16 Seiten. Mehr als drei Druckbogen je Beitrag werden nicht honoriert. Der von Abbildungen und Tabellen eingenommene Raum sowie Doktor-Dissertationen und Buchbesprechungen sind honorarfrei.

Sonderdrucke: Die Verfasser von Originalarbeiten erhalten von ihrem Beitrag nach Druckbeendigung auf Wunsch unberechnet 20 Sonderdrucke, die Verfasser von Doktor-Arbeiten 50 Sonderdrucke. Mehrbedarf kann gegen Berechnung angefertigt werden, jedoch nur, wenn die Bestellung unmittelbar mit der Rücksendung der Fahnenkorrektur, spätestens der 1. Umbruchkorrektur, bei der Schriftleitung aufgegeben worden ist.

Vorbehalt aller Rechte, insbesondere auch der photomechanischen Vervielfältigung: Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdruckes und der photomechanischen Wiedergabe von Teilen der Zeitschrift oder im ganzen, sind vorbehalten. Jedoch wird Vervielfältigung durch Photokopie, Mikrokopie und dergl. für den innerbetriebl. Gebrauch in gewerbl. Unternehmen durch diese selbst oder durch dritte in 1 Ex. gestattet, wenn die Vervielfältigung einen Quellenvermerk enthält und unter Angabe der vervielfältigten Stelle eine Gebühr von DM 0,70 je angefangene Druckseite an den Verlag entrichtet wird.

Erscheinungsweise und Bezugspreis: Die Zeitschrift erscheint in zwangloser Folge im Umfang von ungefähr 7 bis 8 Druckbogen je Heft. Jährlich erscheinen etwa 6 bis 8 Hefte, von denen 4 jeweils einen Band bilden. Das Abonnement verpflichtet zur Abnahme eines ganzen Bandes und verlängert sich jeweils stillschweigend, wenn nicht unmittelbar nach Erhalt des letzten Heftes eines Bandes Abbestellung erfolgt. Die Hefte werden einzeln berechnet. Der Preis beträgt je Druckbogen etwa DM 3,60. Der Preis der Hefte außerhalb des Abonnements ist jeweils um 10 % teurer.

Die Zeitschrift kann bei jeder Buchhandlung oder beim Verlag Paul Parey, Hamburg 1, Spitalerstraße 12, bestellt werden.

© Paul Parey, Hamburg u. Berlin 1957 · Printed in Germany by Lindemann & Lüdecke, Berlin

Z. ang. Ent. Bd. 40 (1957) H. 1, 1-128

Abonnementspreis dieses Heftes DM 28,80 Einzelpreis DM 31,60

Aus dem Zoologischen Institut der Landes-Universität zu Münster/Westf.
Professor Dr. B. Rensch
und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt,
Abt. B, Forstschädlingsbekämpfung (Göttingen)
Prof. Dr. F. Schwerdtfeger

Untersuchungen über die Populationsdynamik des Eichenwicklers (*Tortrix viridana* L.)

Teil I

Von

FRIEDRICH SCHÜTTE, Göttingen

Mit 26 Abbildungen

Inhalt: I. Einleitung. — II. Die Kontrollflächen. — III. Methode. — IV. Regulatoren der Populationsschwankungen: A. Fruchtbarkeit. Geschlechterverhältnis. Eiproduktion. B. Sterblichkeit. Wetter. Inkoinzidenz zwischen Eichenwickler und Eiche. Übervölkerung. Räuber. Parasiten. Verpuppungsstörungen und andere Krankheiten. — V. Statistik der Populationsschwankungen: A. Intrazyklische Populationsbewegung. Fruchtbarkeit. Sterblichkeit. Die Endpopulation. Der Vernichtungswert der biotischen Mortalitätsfaktoren. B. Massenwechsel. — VI. Diskussion und praktische Schlußfolgerungen. — VII. Zusammenfassung.

I. Einleitung

Der Eichenwickler (*Tortrix viridana* L.) ist in seiner Klimaabhängigkeit euryök. Sein effektives Verbreitungsgebiet — Europa mit einigen außereuropäischen Randzonen — stimmt mit dem effektiven Verbreitungsgebiet der Nährpflanze (Gattung *Quercus*) überein (EIDMANN, 1949, RÖHRIG, 1950). Zumindest in Mitteleuropa tritt der Wickler als endemischer Schädling auf. Innerhalb dieses Gebietes werden unter anderem auch die Eichenwälder des westfälischen Raumes fast jährlich befallen. Die Schäden können hier jedoch an einem und demselben Ort in aufeinanderfolgenden Jahren und in einem und demselben Jahr an nahe benachbarten Orten in ihrer Höhe erhebliche Unterschiede zeigen (SCHWERDTFEGER, 1949).

Der einzige, der bisher die Ursachen der zeitlichen Schwankungen der Populationsdichte von *T. viridana* zu klären versucht hat, ist GASOW (1925). Er glaubte, eine Abhängigkeit des Massenwechsels[1]) von langjährigen Klimaschwankungen zu erkennen: demnach sollten Massenvermehrungen in trockenwarmen Perioden begünstigt und in naßkalten Perioden unterdrückt werden. Diese Annahme ließ sich aber nicht mit allen Beobachtungen in Einklang bringen. Von anderer Seite wurde versucht, die örtlichen Abweichungen der Befallsstärke auf Unterschiede der Biotope zurückzuführen. HERTZ-KLEPTOW (1949) hatte zwar festgestellt, daß der Wickler in Beständen, die mit anderen Laubholzarten unterbaut waren, ebenso stark fraß wie in Reinbeständen, vermutete aber, daß die Schäden in Wäldern mit Fichten-Unterbau geringer wären. Nach VAJNSTEJN (1950) war die Populationsdichte des „Eichenblattdrehers" (wahrscheinlich *Tortrix viridana*) in Eichen-Eschen-Wäldern geringer als in reinen Eichen-Beständen.

[1]) Als Massenwechsel wird die Änderung der Populationsdichte einer Art von Generation zu Generation bezeichnet (BÖRNER, 1921; SCHWERDTFEGER, 1941).

Nach SCHWERDTFEGER (1941) wird der Massenwechsel einer Art von einem Komplex heterogener Faktoren gesteuert, der als G r a d o c o e n bezeichnet wird: „Wir verstehen unter Gradocoen die Ganzheit der gradationsbedingenden Faktoren einer Art oder, anders ausgedrückt, den Komplex aller artgebundenen (endogenen) und aus der Umwelt stammenden (exogenen) biotischen und abiotischen Faktoren, welche den Massenwechsel einer Art bedingen."

Es war das Ziel der hier vorgelegten Arbeit, die Populationsdichte des Eichenwicklers in ihren zeitlichen und räumlichen Unterschieden zu erfassen und den Ursachenkomplex soweit wie möglich zu entwirren. Die Untersuchung wurde auf Anregung und unter Leitung von Hern Professor Dr. F. SCHWERDTFEGER (Göttingen), zum Teil auch unter Leitung von Herrn Professor D. B. RENSCH (Münster) durchgeführt. Ich erlaube mir, beiden Herren für wertvolle Anregungen und Kritik ergebenst zu danken. Auch Herrn Dr. W. THALENHORST (Göttingen) bin ich für klärende Rücksprachen zu Dank verbunden.

Finanziell wurde die Arbeit im Rahmen von Forschungsaufträgen durch das Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten des Landes Nordrhein-Westfalen (1950—1953) und durch das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (1953—1954) ermöglicht.

II. Die Kontrollflächen

Die Lösung der gestellten Aufgabe erforderte eine Analyse der Populationsdynamik des Eichenwicklers in ungleichartigen Biotopen und über mehrere aufeinanderfolgende Jahre. So wurde bei der Auswahl der weiter unten näher gekennzeichneten Kontrollflächen nach solchen Beständen gesucht, die sich in ihrer Zusammensetzung nach Holzarten unterschieden. Die Stärke des Schadfraßes konnte nur bedingt berücksichtigt werden, da hierüber keine genaueren schriftlichen Aufzeichnungen, sondern höchstens die subjektiven mündlichen Aussagen der zuständigen Revierförster vorlagen.

Die Waldgebiete, innerhalb derer die Kontrollflächen endgültig abgegrenzt wurden, waren folgende:

1. Ein fast reiner Eichenwald in Wolbeck (Forstamt Münster). In der Regel weniger befressen als die umliegenden Distrikte.

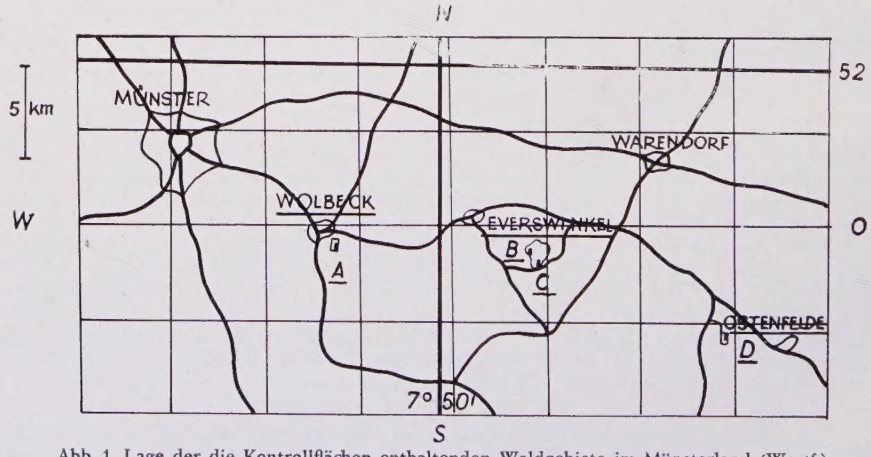


Abb. 1. Lage der die Kontrollflächen enthaltenden Waldgebiete im Münsterland (Westf.)

2. Ein Eichen-Hainbuchen-Wald in Everswinkel (Forstamt Münster). Häufig kahl gefressen.
3. Ein Eichen-Fichten-Bestand in Ostenfelde (Privatbesitz des Freiherrn von Nagel). In den letzten Jahren weniger befressen als die benachbarten Distrikte.

Die räumliche Lage der Bestände ist aus Abb. 1 zu ersehen.

Kontrollfläche A

Wolbeck, Distrikt 77. Reiner Eichenbestand, Stiel- und Traubeneiche. Bestandesalter: 85 Jahre (angeblich seltener befressen als umliegende Distrikte).

Auf der Kontrollfläche A (Abb. 2) sind Trauben- *(Quercus sessiliflora* Sm.) und Stieleichen (*Quercus pedunculata* Ehrh.) zu etwa gleichen Teilen vertreten, während in den anderen Beständen nur die Stieleiche vorkommt. Nach der pflanzensoziologischen Aufnahme[2]) ist der Wald als degradierter Eichen-Hainbuchenwald *(Querceto-Carpinetum stachyetosum silvaticae* Tx.), BURRICHTER 1953, zu bezeichnen.

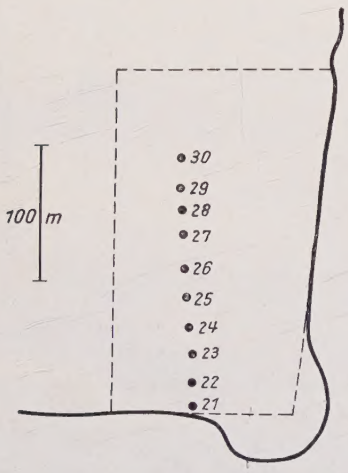


Abb. 2. Kontrollfläche A

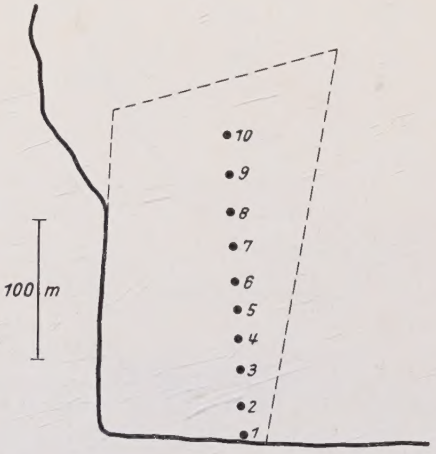


Abb. 3. Kontrollfläche B

Kontrollfläche B

Everswinkel, Distrikt 91. Mischwald: Eiche und Hainbuche. Bestandesalter: 115 Jahre (angeblich häufig Fraßschaden).

Die Kontrollfläche B (Abb. 3) liegt im nistkastenfreien Gebiet (Distrikt 91) des Waldes in Everswinkel. Die Eichen, und zwar nur die Stieleichen (*Quercus pedunculata* Ehrh.), die hier allein vorkommen, sind mit Hainbuchen (*Carpinus betulus* L.) durchsetzt. Pflanzensoziologisch ist der Wald als feuchter Eichen-Hainbuchenwald (*Querceto-Carpinetum stachyetosum,* Tx.) einzuordnen.

[2]) Die Tabellen dieser pflanzensoziologischen Aufnahmen, wie auch die der später genannten der Kontrollflächen B, C und D befinden sich an der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt Abt. B (Göttingen) und können dort eingesehen werden.

Kontrollfläche C

Everswinkel, Distrikt 87. Mischwald: Eiche und Hainbuche. Bestandesalter: 115 Jahre (angeblich häufig Fraßschaden. Vogelschutzmaßnahmen).

Die Kontrollfläche C (Abb. 4) unterscheidet sich von B nur durch die hier durchgeführten Vogelschutzmaßnahmen. Bis zum Jahre 1953 wurden zwölf Nistkästen pro Hektar angebracht. Außerdem wurde durch Fütterung im Winter und im zeitigen Frühjahr versucht, möglichst viele Brutpaare anzusiedeln. Aus der pflanzensoziologischen Aufnahme ist zu ersehen, daß auch dieser Distrikt dem feuchten Eichen-Hainbuchenwald angehört.

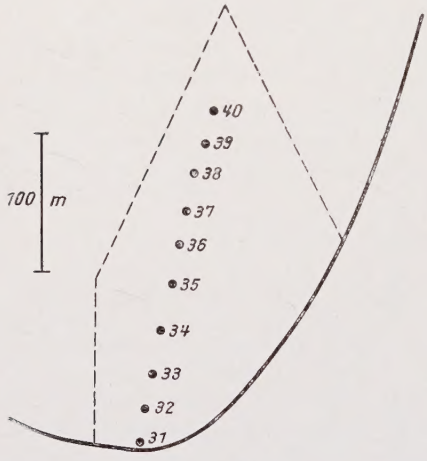


Abb. 4. Kontrollfläche C

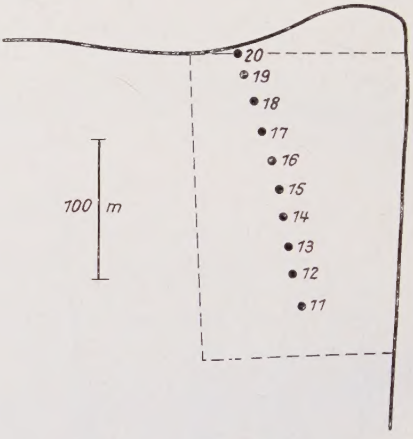


Abb 5. Kontrollfläche D

Kontrollfläche D

Ostenfelde, Distrikt 26. Mischwald: Eiche und Fichte. Bestandesalter: 87 Jahre (angeblich seltener befressen als umliegende Distrikte).

Die Kontrollfläche D (Abb. 5) liegt in einem gemischten Eichen-Fichtenbestand (Distrikt 26) bei Ostenfelde. Die Fichten *(Picea excelsa* L.) waren sieben Jahre nach Anbau der Eichen eingebracht worden. Das Gebiet zeigt eine nur wenig entwickelte Krautflora und nur auf 20% der Fläche eine spärliche Strauchschicht. Pflanzensoziologisch ist der Wald dem feuchten Eichen-Hainbuchenwald einzugliedern.

III. Methode

Um alle Ergebnisse ohne weitere Umrechnung aufeinander beziehen zu können, erwies es sich als zweckmäßig, die Populationsdichte des Eichenwicklers während aller Entwicklungsstadien auf eine und dieselbe räumliche Einheit zu beziehen.

VAJNSTEJN (1950) wählte in seinen biocönologischen Untersuchungen, bei denen er anscheinend auch *Tortrix viridana* („Eichenblattdreher") erfaßte, als Bezugsgröße für die Kronenfauna die Einheit von 1000 Blättern. EIDMANN (1931, b) hatte bei einem Bekämpfungsversuch gegen Frostspanner und Eichenwickler zunächst auch die Blattzahl als Einheitsmaß nehmen wollen. Da er aber feststellte, daß die Blattzahl der Endtriebe aus dem oberen und dem unteren Kronenbereich annähernd gleich war, setzte er 10 Endtriebe als statistisches Maß für die Populationsdichte der Raupen.

Nach beiden Methoden waren schon die jüngeren Raupenstadien — vor Entfaltung der Blätter — quantitativ nur schwer zu erfassen. Die Individuendichte im Eistadium konnte damit überhaupt nicht ermittelt werden, da die Gelege nur in Ausnahmefällen an den Endtrieben zu finden sind.

Bereits Aullo y Costilla (1921), Gasow (1925) und Smits van Burgst (1926) hatten beobachtet, daß die Eier in einer gewissen Entfernung (Gasow: 20—87 cm) von der Spitze der Zweige abgelegt werden. Nach meinen eigenen Untersuchungen trugen die Endtriebe (Zuwachs des jeweiligen Untersuchungsjahres) nur vereinzelte Gelege, stammwärts wurden 50 cm unterhalb des vorjährigen Triebendes kaum noch Eier gefunden.

Somit wählte ich zunächst einen Zweig von 50 cm Länge (ohne diesjährigen Zuwachs) als Bezugseinheit („Einheitszweig"). Die Lage dieses 50-cm-Maßes im Jahreszyklus wird durch Abb. 6 erläutert.

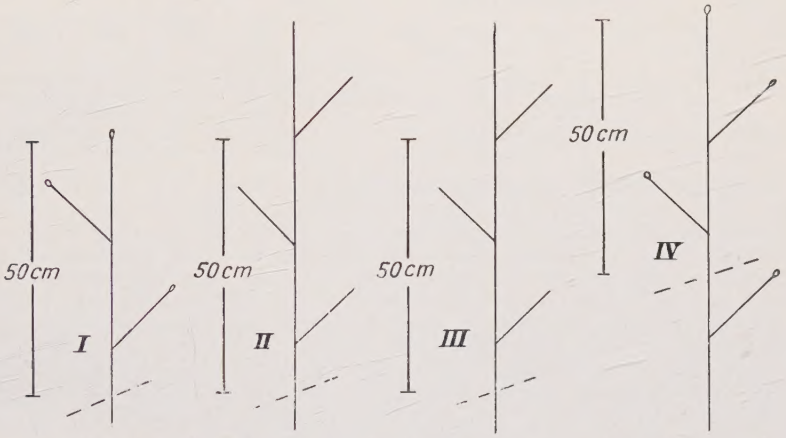


Abb. 6. Lage des Maßes an einem „Einheitszweig" im Vegetationszyklus

Zeichenerklärung:

I	II	III	IV
Frühjahr, nach dem Schlüpfen der Eiraupen	Sommer, Herbst und Winter. Im Raupen-, Puppen-, Falter- und Eistadium	Frühjahr des folgenden Jahres, vor dem Schlüpfen der Eiraupen	Frühjahr des folgenden Jahres, nach dem Schlüpfen der Eiraupen

Aus dem Schema ist zu ersehen, daß der (distale) Ansatzpunkt des 50-cm-Maßes immer das Triebende der vorjährigen Vegetationsperiode war. Im Herbst waren die Zweige um den jeweiligen Zuwachs länger als 50 cm. Auch vor dem Schlüpfen der Eiraupen im Frühjahr wurden die vorjährigen, im Herbst verholzten Triebe nicht mitgemessen. Erst nach dem Abwandern der Eiraupen von den etwa 20 cm tiefer sitzenden Gelegen zu den neuen Knospen wurde der vorjährige Trieb einberechnet.

Bei geringer Populationsdichte konnten alle Entwicklungsstadien des Eichenwicklers auf diese „Einheitszweige" bezogen werden. Bei hoher Individuendichte — in den Raupen- und Puppenstadien — wurden aber nicht mehr alle Tiere auf den Zweigen der Eichen erfaßt. So wurde im Sommer 1950 beobachtet, daß die Raupen nach Kahlfraß an den oberen Zweigen zunächst von hier aus in den mittleren Kronenbereich und schließlich sogar in die Strauchregion und auf den Waldboden wanderten.

Die Individuendichte der in Bodennähe und in der Strauchregion befindlichen Raupen konnte am ehesten auf eine Säule von 1 qm Grundfläche (im folgenden kurz als „1-qm-Säule" bezeichnet) bezogen werden. Es erschien daher angebracht, diese Einheit allgemein anzuwenden. Hierzu mußte die durchschnittliche Zahl der „Einheitszweige" in der „1-qm-Säule" bestimmt werden.

Die Umrechnung geschah auf folgende Weise: An Eichen, die im Winter 1950/51 im Distrikt 88 in Everswinkel gefällt worden waren, wurden die „Einheitszweige" abgetrennt und ausgezählt. Einige kürzere Zweige, die an den jeweiligen Bäumen verblieben, wurden je nach Größe als $^1/_2$, $^1/_3$ oder $^1/_4$ Einheitszweig bewertet und so miteinberechnet. Es zeigte sich dann eine geradlinige Abhängigkeit der Zweigsumme vom Stammquerschnitt der betreffenden Bäume (Abb. 7).

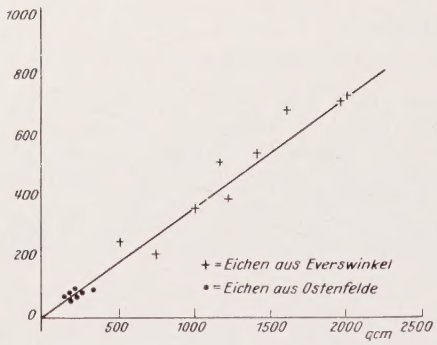


Abb. 7. Abhängigkeit der Zweigzahl vom Stammquerschnitt
Abszisse = Querschnitt in qcm
Ordinate = Zweigzahl (Einheitszweige)

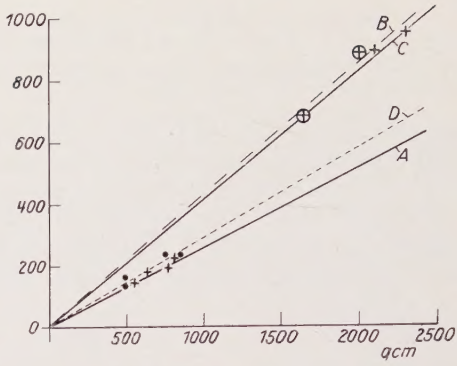


Abb. 8. Beziehung zwischen Stammquerschnitt und Zweigzahl in den einzelnen Kontrollflächen (Eichen mit mittlerer Wuchsform)
Abszisse = Querschnitt in qcm
Ordinate = Zweigzahl (Einheitszweige)

Nach Kenntnis dieser Zusammenhänge wurden im Winter 1950/51 in allen Kontrollflächen je zwei Eichen gefällt. Die Bäume entsprachen in Kronenausbildung und Stammquerschnitt dem Durchschnitt der jeweiligen Kontrollfläche. Im folgenden Winter wurden in den Beständen A und D an je zwei weiteren Bäumen Zweigzahl und Stammquerschnitt festgestellt, so daß nunmehr von jeder Bestandsart und jedem Bestandesalter (Everswinkel B und C, Wolbeck A und Ostenfelde D) je vier mittlere Bäume zur Bestimmung der standortstypischen Zweigzahl in ihrem Verhältnis zum Stammquerschnitt zur Verfügung standen. Es zeigte sich (Abb. 8), daß die Eichen in B und C bei gleichem Stammquerschnitt relativ mehr Zweige trugen als die Bäume in den Beständen A und D. Die stärkere Verzweigung der Äste der Everswinkler Bäume (B und C) könnte insofern durch den häufigen Kahlfraß bedingt sein, als durch Vernichtung der Haupttriebe die Tendenz zur verstärkten Bildung von Seitentrieben gefördert wurde.

Auf Grund der geradlinigen Beziehung zwischen Querschnitt und Zweigzahl (Abb. 7) konnte von jedem Baum der vier Distrikte unter Berücksichtigung der standortstypischen Zweigzahl die ungefähre Anzahl der Einheitszweige angegeben werden. Diese Zahl wurde sodann für den hypothetischen „Baum mit mittlerem Querschnitt" berechnet:

In jedem Kontrollgebiet wurde auf einer Fläche von 1 ha der Durchmesser aller Bäume ermittelt. Daraus ließ sich für jeden Distrikt der „Baum mit mittlerem Querschnitt" bestimmen. Die Anzahl der „Einheitszweige" des jeweiligen „Durchschnittsbaumes" konnte dann aus der Abb. 8 abgelesen werden. Unter Berücksichtigung des Quotienten „Gesamtfläche : Zahl der auf ihr stehenden Bäume" ließ sich endlich die mittlere Zahl der Einheitszweige über 1 qm Grundfläche berechnen.

Die Ergebnisse sind aus Tabelle 1 ersichtlich.

Tabelle 1. Berechnung der Anzahl der einer Säule mit 1 qm Grundfläche entsprechenden Einheitszweige

Kontrollfläche	Anzahl der Bäume	Bodenfläche, qm		Querschnitt in qcm		Anzahl Einheitszweige	
		Gesamt	je Baum	aller Stämme	des „Durchschnittsbaumes"	je Durchschnittsbaum	je qm
A	269	10 000	37	217 000	807	210	5,7
B	112	10 000	89	204 000	1823	750	8,4
C	107,5	10 000	93	184 000	1711	725	7,8
D	297	10 000	33,5	292 000	983	285	8,5

Da die Verteilung der Anzahl der Einheitszweige in den drei Bereichen Kronenspitze, Kronenmitte und unterhalb der Krone nicht gleich war, wurde in jedem Bestand deren prozentuales Verhältnis an den 10 Kontrollbäumen und an weiteren 20 Eichen taxiert. Die Verteilung (Tab. 2) kann als typisch für die Beobachtungsflächen angesehen werden.

Die je Kontrollfläche der 1-qm-Säule entsprechende Anzahl von Einheitszweigen (Tab.1 rechts) konnte damit nach den drei Höhenbereichen aufgeschlüsselt werden (Tab. 3).

Durch Umrechnung nach dieser Tabelle konnte somit auch der Kronenraum auf die als endgültige Einheit gewählte Säule von einem Quadratmeter Grundfläche („1-qm-Säule") bezogen werden.

Im einzelnen wurden die Kontrollen in der nachstehend beschriebenen Weise durchgeführt.

Tabelle 2. Prozentuales Verhältnis der Zweigzahlen in den drei Höhenbereichen (Mittelwerte)

Kontrollfläche	Oberer Kronenbereich	Mittlerer Kronenbereich	Unterer Bereich
A	45 %	41 %	14 %
B	43 %	42 %	15 %
C	42 %	42 %	15 %
D	39 %	37 %	24 %

Tabelle 3. Anzahl der Einheitszweige / 1-qm-Säule in den drei Höhenbereichen

Kontrollfläche	Anzahl der Einheitszweige im oberen Kronenbereich	im mittleren Kronenbereich	unterhalb der Krone
A	2,6	2,3	0,8
B	3,6	3,5	1,3
C	3,3	3,3	1,2
D	3,3	3,2	2,0

Ich erkletterte mit Steigeisen alle 10 Eichen einer Kontrollfläche und entnahm aus jedem Kronenbereich (oben, Mitte und unten) je einen „Einheitszweig". Die abgetrennten Zweige wurden unmittelbar nach dem Abschneiden, noch in der Krone, in Gazebeutel eingeschnürt und so in eine dreiteilige, durch Drahtfenster gelüftete Transportkiste verpackt, daß die Herkunft jedes Zweiges erkennbar blieb.

Die entnommenen Proben wurden im Zoologischen Institut der Universität Münster auf die Individuendichte der jeweils vorhandenen Stadien des Wicklers untersucht.

Die Eigelege sitzen an den Zweigen meist in Einkerbungen und Winkeln ehemaliger Blattpolster oder sonstiger Vorwölbungen und sind durch eine Kittmasse geschützt, die mit Staub und Algen bedeckt ist (Gasow, 1925). Sie sind infolgedessen nur schwer zu finden. So war es notwendig, die Zweige zunächst von allen Blättern zu befreien und in einzelne, nicht gegabelte Stücke zu zerteilen. Auf diese Weise konnte jeder Teil von allen Seiten ohne Behinderung beobachtet werden. Ältere, verlassene Gelege ließen sich weder mit freiem Auge noch unter dem Binokular einwandfrei von frischen unterscheiden, da die Schlüpflöcher der Eiraupen meist verdeckt und von Algen überwuchert waren. Ich habe daher jedes erkannte oder vermeintliche Gelege (häufig nur Vorwölbungen der Rinde) durch Anstich mit einem Skalpell überprüft. Die frischen Gelege konnten nach dem fühl-, hör- und sichtbaren Zerplatzen der Eier sicher angesprochen werden.

Die Auszählung wurde in unmittelbarer Nähe eines Fensters und unter einer 100-Watt-Lampe durchgeführt. Trotzdem stellte ich bei dreimaligem Nachsuchen mehrerer schon kontrollierter Zweige einen individuellen Suchfehler von durchschnittlich 20% fest. Dieser Wert blieb annähernd konstant, gleichgültig, ob die Zählung im Sommer, kurz nach der Eiablage, oder im Frühjahr nach der Überwinterung durchgeführt wurde. Ebenso war der Fehler von der Zahl der vorhandenen Eigelege unabhängig. Ich war daher berechtigt, bei allen Zweigen, die ich nur einmal nach Eigelegen absuchte, den von mir gefundenen Wert um 20% zu erhöhen.

Das Absuchen der Eiraupen war insofern leichter, als die vorsichtig geöffneten Knospen meist schon durch Fraßspuren und Kotkrümel den Befall anzeigten. Ein wesentlicher Suchfehler wurde bei diesen Kontrollen nicht festgestellt.

Die älteren Raupen und ebenso die Puppen waren relativ einfach zu finden, da nur die Blattwickel kontrolliert zu werden brauchten.

Da die Falter nicht unmittelbar erfaßt werden konnten, wurde ihre Individuendichte nach der Zahl der von ihnen verlassenen Puppen bestimmt.

Die Anzahl der auf den Zweigen eines Baumes gefundenen Individuen wurde sodann auf die 1-qm-Säule umgerechnet. Der jeweilige Umrechnungskoeffizient ergab sich aus der Tabelle 3. Zur Erläuterung wird ein Zahlenbeispiel angeführt.

An Baum 1 der Kontrollfläche B wurden je Einheitszweig in der Kronenspitze 20, in der Kronenmitte 10 und unterhalb der Krone ebenfalls 10 Raupen gefunden. In diesem Bestande entsprechen der Quadratmeter-Säule (nach Tab. 3) 3,6 „Einheitszweige" im oberen, 3,5 im mittleren und 1,3 im unteren Bereich. Die Ausrechnung ergibt also:

	Einheitszw. je qm-Säule	Raupen je Einheitszw.	Raupen je qm-Säule
oben	3,6	20	72
Mitte	3,5	10	35
unten	1,3	10	13
Gesamt:			120

In Baum 1 war die Populationsdichte der Raupen innerhalb der 1-qm-Säule also = 120 Individuen.

Zur Erfassung der aus dem Kronenbereich in den Unterwuchs abgewanderten Raupen wurden die Zweige der Strauchregion nach Augenmaß in einer Säule von 1 qm Grundfläche abgetrennt und nach Raupen abgesucht. Die gefundenen Zahlen wurden zu den nach dem oben angegebenen Beispiel ermittelten Werten addiert.

Weitere spezielle Methoden werden in den zugehörigen Abschnitten beschrieben.

Die Kritik an der Zuverlässigkeit der vorstehend erläuterten Methode hat im wesentlichen an zwei Punkten anzusetzen.

1. Mit welcher Genauigkeit wird die wirkliche Populationsdichte bei der Umrechnung der „Einheitszweige" auf die „1-qm-Säule" erfaßt?

2. Wieweit genügt die Anzahl der entnommenen Proben, um die auf engem Raum auftretenden Unterschiede der Populationsdichte auszuschalten, so daß die großräumigen Unterschiede und zeitlichen Schwankungen durch sie nicht verwischt werden?

Beide Fragen stehen in einem gewissen Zusammenhang miteinander.

Zu 1. Im Laufe anderer Untersuchungen war es möglich, den ersten Punkt zu überprüfen. Ende April 1952 war die Populationsdichte der eben geschlüpften Raupen mit Hilfe der beschriebenen Methode bestimmt worden. Bei der nächsten Kontrolle (Anfang Mai) ergab sich nach der gleichen Umrechnung eine erheblich geringere Zahl (die Werte sind in Tab. 4 angeführt). Die fehlenden Individuen waren vermutlich verhungert und zu Boden gefallen. Es war möglich, solche Tiere auf einer abgemessenen Fläche aufzufangen und die hier erhaltenen mit den berechneten Zahlen zu vergleichen.

Unter allen 40 Kontrollbäumen war je eine Leimtafel von 20×20 qcm angebracht worden. Nachdem die Raupen in den Kronen sich bis zum zweiten Stadium entwickelt hatten, wurden die Leimtafeln mit Cellophanpapier überdeckt und abgenommen. Bei der Auswertung wurde jeweils über eine Tafel ein Drahtgitter gelegt, dessen Felder (1,5×1,5 qcm) leicht mit dem Binokular abgesucht werden konnten. Die Anzahl der Raupen, die auf den Leimtafeln einer Kontrollfläche gefunden worden waren, wurden auf 1 qm umgerechnet.

Es sollen nur die in Kontrollfläche D erhaltenen Zahlen angegeben werden, da nur hier die Leimtafeln völlig frei unter den Kronen standen. In den anderen Beständen waren die meisten Tafeln von einer dichten Strauchschicht überdeckt. Es war also von vornherein damit zu rechnen, daß dann nur ein Bruchteil der eventuell herabgefallenen Raupen wirklich die Tafeln erreichte. Die dem Vergleich zugrunde liegenden Werte sind in Tabelle 4 zusammengestellt.

Tabelle 4

1. Geschlüpfte Eiraupen je 1-qm-Säule	1780
2. Raupen im 2. Stadium je 1-qm-Säule	405
3. Defizit zwischen 1. und 2.	1375
4. Auf den Leimtafeln gefundene Raupen je 1 qm	1445
Differenz zwischen 3. und 4.	70

Die beiden Ergebnisse (3 und 4) weichen also um 70 Raupen = 4% voneinander ab. Der Fehler ist im Rahmen des Möglichen so gering, daß die zur Diskussion gestellte Methode der Umrechnung der Populationsdichte von Einheitszweigen auf die 1-qm-Säule wenigstens der Größenordnung nach als ausreichend genau angesehen werden kann.

Zu 2. Die Genauigkeit einer statistischen Erfassung der Populationsdichte steigt natürlich mit der Zahl der untersuchten Zweige bzw. Stämme. Dem waren jedoch praktisch Grenzen gesetzt.

1. durfte die normale Zusammensetzung der Wicklerpopulation und des weiteren der Kronenfauna durch die Entnahme von Proben nicht wesentlich verändert werden;

2. mußte eine Schädigung der Eichen vermieden werden;

3. konnte nur so viel Zeit auf die Kontrolle verwendet werden, daß die gleiche Untersuchung innerhalb möglichst kurzer Zeit auf allen Kontrollflächen durchgeführt werden konnte und außerdem noch Zeit für andere wesentliche Arbeiten verblieb.

Es mußte also ein Kompromiß zwischen den Anforderungen an die Genauigkeit und den genannten Einschränkungen gefunden werden. Die endgültig gewählte Methode wird nachstehend unter diesem Gesichtspunkt diskutiert.

Von einem Kontrollbaum wurden, wie auf S. 7 angegeben, zu einer einzelnen Untersuchung drei „Einheitszweige" (je einer aus den Höhenbereichen oben, Mitte und unten) entnommen. Da die Stämme im Durchschnitt etwa je 250—500 Zweige trugen, wurde so etwa 1% der in der Krone des betreffenden Baumes lebenden Tiere (Eichenwickler und andere Glieder der Biocönose) herausgefangen. Diese Störung kann als gering angesehen werden; auch bei Wiederholung der Entnahme in jedem Jahr dürfte der Verlust durch Überflug und Überwanderung wieder ausgeglichen werden. Wie weit auf eine mögliche Schädigung der Bäume Rücksicht genommen werden mußte, geht aus der folgenden Überschlagsrechnung hervor. In der Zeit vom Sommer 1950 bis zum Sommer 1953 sind im Mittel 51 „Einheitszweige" aus jedem Baum entfernt worden (17 Kontrollen an je 3 Zweigen; insgesamt also rund 10—20% der Belaubung). Die Entnahme von zwei Zweigen je Kontrolle und Kronenbereich hätte durch den Verlust von 102 Zweigen die Eichen möglicherweise schon geschädigt. Ein Wechsel der Kontrollbäume hätte auf der anderen Seite die Kontinuität der Untersuchungen gestört. Es mußte also davon abgesehen werden, die Genauigkeit der Untersuchungen durch Entnahme einer größeren Anzahl von Zweigen zu erhöhen.

Innerhalb einer Kontrollfläche waren 10 Eichen als Repräsentanten ausgewählt worden. Die Anzahl der entnommenen Insekten und Zweige war für die normale Entwicklung der Wicklerpopulation und der Eichen eines Bestandes unwesentlich. Es hätten auch ohne merkliche Störung noch mehr Bäume untersucht werden können. Da die Kontrollen aber in vier Beständen durchgeführt werden mußten, waren so schon innerhalb kurzer Zeit 40 Eichen zu ersteigen und 120 Zweige abzusuchen. Es war also rein technisch nicht möglich, die Zahl der Kontrollbäume zu erhöhen.

Es zeigte sich, daß trotz dieser Einschränkung wesentliche Unterschiede der Populationsdichte von *T. viridana* mit hinreichender Genauigkeit erfaßt werden konnten. In Abb. 9 sind für die Kontrollfläche D (als Beispiel) die Mittelwerte der Individuendichte der Eier in vier aufeinander folgenden Jahren eingetragen worden. Zugleich sind die größten Abweichungen (jeweils von einem Kontrollbaum) dargestellt. Die Streuung war bei hoher Individuendichte (1951) recht erheblich, verwischte aber selbst in diesem Einzelfall die Unterschiede der mittleren Populationsdichten nicht.

Ein weiterer Beweis für die Zuverlässigkeit der Methode kann aus einem Vergleich der Tabelle 9 (S. 26) und der Abb. 18 (S. 27) abgeleitet werden. Es sind in der Tabelle 9 nur jeweils die 10 Kontrollbäume, in Abb. 18 aber 200 Stämme einer jeden Kontroll-

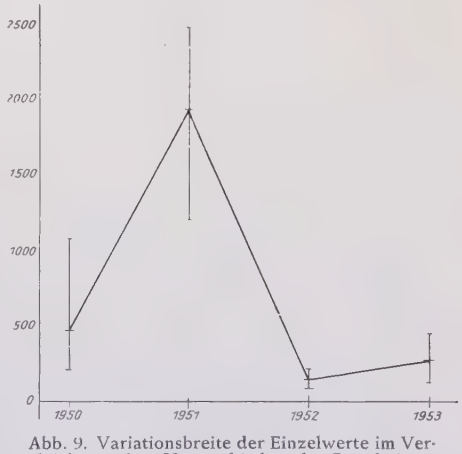


Abb. 9. Variationsbreite der Einzelwerte im Vergleich zu den Unterschieden der Populationsdichte (Kontrollfläche D). Abszisse = Zeit (1950—53) Ordinate = Populationsdichte pro „qm-Säule" (Eistadium)

fläche nach Austriebstypen eingeteilt worden. Beide Aufzeichnungen ergaben im wesentlichen das gleiche Bild.

Im großen und ganzen erschien es also berechtigt, die an den 10 Kontrollbäumen ermittelten Ergebnisse auf die ganze jeweilige Kontrollfläche zu übertragen.

IV. Regulatoren der Populationsschwankungen

Im Ablauf der intrazyklischen Populationsbewegung[3]) nimmt die Individuendichte des Eichenwicklers durch die bei der Eiablage erfolgende Multiplikation zu (F r u c h t b a r k e i t) und sinkt dann bis zur Eiablage der nächsten Generation infolge der Einwirkung zahlreicher heterogener Vernichtungsfaktoren wieder ab (S t e r b l i c h k e i t).

A. FRUCHTBARKEIT

Die Fruchtbarkeit einer Population wird bestimmt durch das Zahlenverhältnis Männchen : Weibchen (G e s c h l e c h t e r v e r h ä l t n i s) und durch die E i z a h l der Weibchen. Beide Werte sind nicht konstant, sondern können durch endogene oder exogene Faktoren beeinflußt werden (SCHWERDTFEGER, 1944).

Über die Einwirkung e n d o g e n e r (genetischer) Faktoren auf Vermehrung und Mortalität ist noch zu wenig bekannt (FRANZ, 1950), als daß diesen Zusammenhängen im Rahmen der Untersuchungen hätte nachgegangen werden können. Im folgenden werden also nur die — wahrscheinlich in überwiegendem Maße wirksamen — e x o g e n e n Faktoren besprochen.

1. G e s c h l e c h t e r v e r h ä l t n i s

Die Bestimmung des Geschlechterverhältnisses an Faltern, die im Freiland geketschert wurden, war unzuverlässig. Einmal schlüpften und starben die Männchen eher als die Weibchen: zu Beginn des Falterfluges wären also mehr männliche und zu Ende der Zeit mehr weibliche Individuen gefangen worden. Ferner hielten sich die Weibchen vorwiegend in den Kronen der Eichen auf, während die Männchen sich gleichmäßiger im Bestandesraum verteilten. Die größere Lebhaftigkeit der Männchen würde beim Ketschern einen weiteren Fehler erbringen.

Das Geschlechterverhältnis wurde schon von früheren Autoren an Faltern bestimmt, die aus aufgezogenen Raupen oder Puppen geschlüpft waren. GASOW (1925) erhielt aus seinen Zuchten zur Mehrzahl (52,7%) männliche Falter. DE SEABRA und DOS SANTOS HALL (1924a) fanden dagegen ein Überwiegen der Weibchen (58%). ERLER (1939) registrierte bei einer 50%igen Puppen-Mortalität einen Weibchenanteil von 59,8%.

Für meine eigenen Untersuchungen wurden die Puppen kurz vor dem Schlüpfen der Falter eingesammelt. So entsprach das Geschlechterverhältnis der gesunden Puppen weitgehend demjenigen der im Bestande ausfliegenden Imagines. Die männlichen und weiblichen Falter konnten später nach der Färbung der Abdomina sicher unterschieden werden (GASOW, 1925). Da die Puppen je Kontrollfläche von mehreren Bäumen und aus verschiedenen Höhenbereichen entnommen worden waren, konnte das ermittelte Geschlechterverhältnis als repräsentativ für die Wicklerpopulation der jeweiligen Kontrollfläche angesehen werden.

---

[3]) Intrazyklische Populationsbewegung: Wechsel der Populationsdichte innerhalb einer Generation, im Gegensatz zum eigentlichen Massenwechsel = den Schwankungen der Populationsdichte von Generation zu Generation (SCHWERDTFEGER, 1941, S. 255).

Die so für das Geschlechtsverhältnis je Kontrollfläche und Jahr ermittelten Werte sind in Abb. 10 zu der jeweils in den letzten präimaginalen Entwicklungsstadien aufgetretenen Mortalität in Beziehung gesetzt worden. Es zeigte sich, daß der Anteil der Weibchen bei geringer Sterblichkeit gleich dem der Männchen war (etwa 1 : 1) und bei Zunahme der Mortalität anstieg[4]).

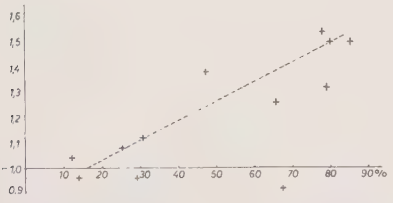


Abb. 10. Beziehung zwischen praeimaginaler Mortalität und Geschlechterverhältnis. Abszisse = Summe der Raupen- und Puppenmortalität in Prozent (bezogen auf die Populationsdichte der Raupen im 5. Stadium) Ordinate = Relation Weibchen : Männchen (Männchen = 1)

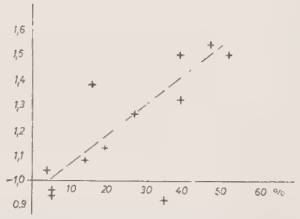


Abb. 11. Beziehung zwischen Schlupfwespenbefall und Geschlechterverhältnis. Abszisse = Prozentuale Parasitierung durch Schlupfwespen (bezogen auf die Populationsdichte der Puppen). Ordinate = Relation Weibchen : Männchen (Männchen = 1)

Es mußte versucht werden, diejenigen Mortalitätsfaktoren, die solche Änderungen des Geschlechterverhältnisses hervorrufen konnten, zu isolieren. In diesem Sinne wurde überprüft die Einwirkung

a) der Schlupfwespen,
b) der Tachinen,
c) der Übervölkerung bzw. des durch sie bedingten Nahrungsmangels.

a) Schlupfwespen

In Abb. 11 sind die Werte des von Fall zu Fall ermittelten Geschlechterverhältnisses nach der Höhe der Parasitierung geordnet. Demnach stieg der Weibchenanteil mit Zunahme des Befalls durch Schlupfwespen an[5]); mit anderen Worten: die Ichneumoniden hatten mehr männliche als weibliche Puppen infiziert.

Dieser Befund konnte unmittelbar nachgeprüft werden. Die von Faltern bzw. Schlupfwespen verlassenen Puppen waren leicht an der Art der Öffnung zu erkennen. Da ferner das Geschlecht der Puppen bestimmt werden konnte (nach Gasow, 1925), war es möglich, die von Schlupfwespen verlassenen Exemplare nach ihrem Geschlecht auszuzählen. 1950 konnte eine solche Ermittlung nicht angestellt werden, da der Schlupfwespenbefall zu gering war. In den anderen Jahren zeigten die parasitierten Puppen folgendes Geschlechtsverhältnis:

Tabelle 5

	Zahl der von Schlupfwespen verlassenen Puppen	Geschlechterverhältnis dieser Puppen (♂♂ : ♀♀)
1951	160	1 : 0,72
1952	150	1 : 0,78
1953	195	1 : 0,82

[4]) Nur in einem Fall wurde eine erhebliche Abweichung von dieser Regel gefunden. In der Kontrollfläche D wurde 1952 bei einer Mortalität von 67 % ein Geschlechterverhältnis von 1 : 0,92 festgestellt. Auf diese Ausnahme wird weiter unten eingegangen (S. 14).

[5]) Auch hier widersprach ein Wert (Mortalität 35 %, Weibchenanteil 0,92) der Regel: Fundort und Datum sind mit denen des in Anm. 4 erwähnten Ausnahmefalles identisch.

In jedem Jahr waren also tatsächlich mehr männliche Puppen von Schlupfwespen befallen als weibliche.

Indizien für eine sinnesphysiologische Bevorzugung der männlichen Puppen oder für das Vorhandensein geschlechtsgebundener Unterschiede der physiologischen Reaktion zwischen Wirt und Parasitenlarve lagen nicht vor. Es mußte also nach einer anderen Erklärung gesucht werden. Einen Hinweis gaben die von THALENHORST (1951) vorgetragenen Gedanken über die „Koinzidenz" zwischen einem Wirt und seinen Parasiten. Nach THALENHORST „ist das früher in ein anderes Stadium eintretende . . . . . Geschlecht einem schon ‚wartenden' Feinde stärker ausgesetzt, kann aber andererseits einem ‚nachhinkenden' Gegenspieler entkommen". Diese Deutung konnte auf den vorliegenden Fall angewendet werden, wenn folgende Voraussetzungen erfüllt waren:

1. mußten Männchen und Weibchen des Wicklers sich im zeitlichen[6]) Auftreten ihrer Entwicklungsstadien unterscheiden, und zwar
   a) nach dem Zeitpunkt des Eintritts in ein bestimmtes Stadium oder/und
   b) nach der Entwicklungsdauer der Stadien;
2. mußten die Schlupfwespen ein bestimmtes Entwicklungsstadium ihres Wirts ausschließlich oder wenigstens bevorzugt angreifen;
3. mußte die Flugzeit der Schlupfwespen-Weibchen gegenüber der Erscheinungszeit dieses Stadiums von *T. viridana* verfrüht oder verspätet sein[7]).

Schon die in den Jahren 1951 und 1952 durchgeführten Beobachtungen hatten gezeigt, daß diese Voraussetzungen tatsächlich gegeben waren. Zur völligen Klärung der Zusammenhänge wurde 1953 in dem kritischen Zeitraum, in dem Raupen und Puppen gleichzeitig vorkamen, eine größere Anzahl von Individuen gesammelt und nach Stadien getrennt aufgezogen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 6 zusammengestellt.

Tabelle 6

Datum 1953	Kontrollfläche	Raupen: Zahl der Raupen	Raupen: Davon parasitiert abs.	Raupen: Davon parasitiert %	Raupen: ♂♂ : ♀♀	Puppen: Zahl der Puppen	Puppen: Davon parasitiert abs.	Puppen: Davon parasitiert %	Puppen: ♂♂ : ♀♀
18.5.	D	82	—	—	1 : 1,41	17	—	—	nur ♂♂
19.5.	C	30	—	—	1 : 6,5	33	7	21	1 : 0,5
20.5.	B	36	2[1])	5,5	1 : 4	31	11	35	1 : 1,21
21.5.	A	113	3[2])	2,7	1 : 8	125	39	31	1 : 1,05
18. — 21. 5.	Sa.	261	5	2	1 : 3,2	206	57[3])	28	1 : 0,67

[1]) 2 *Itoplectis (Pimpla) maculator* F.
[2]) *Itoplectis maculator* F., 2 *Pristomerus vulnerator* Panz.
[3]) fast ausschließlich durch *Phaeogenes invisor*, Thunb. und *Itoplectis maculator* F.

[6]) Räumliche Unterschiede brauchten nicht berücksichtigt zu werden, da beide Geschlechter des Eichenwicklers während der Präimaginalstadien im Bestande gleichmäßig verteilt sind.

[7]) Diese Voraussetzung ist nur dann notwendig, wenn unter 1. allein der Fall a) zutrifft.

Die Determination der erzogenen Ichneumoniden verdanke ich den Herren Dr. W. Thalenhorst (ehemalige Gattung *Pimpla*) und R. Hinz, Hannover (übrige Arten).

Zu Voraussetzung 1

Aus Tabelle 6 ist zu ersehen, daß — entsprechend der Proterandrie der Imagines (siehe S. 10) — die männlichen Raupen sich eher verpuppten als die weiblichen. Am 18. 5. wurden aus D nur männliche Puppen eingetragen; am 21. 5. gehörten die in A gesammelten Puppen etwa zu gleichen Teilen beiden Geschlechtern an. Die an diesem Tage noch als Raupen vorhandenen Individuen entwickelten sich überwiegend zu weiblichen Puppen.

Hinweise auf geschlechtsgebundene Unterschiede im Schlüpfen der Eiraupen wurden nicht gefunden. Bekanntlich nehmen aber die weiblichen Raupen eine größere Nahrungsmenge auf als die männlichen, brauchen dafür eine längere Zeit und verpuppen sich infolgedessen später.

Auch die Puppen des Eichenwicklers sind also proterandrisch (1a). Die Dauer der Puppenzeit selbst (1b) scheint aber nicht nach den Geschlechtern differenziert zu sein.

Zu Voraussetzung 2.

Schon 1951 und 1952 war aufgefallen, daß die Schlupfwespen vorwiegend aus solchen Puppen erschienen, die als Puppen dem Freiland entnommen worden waren. Solche Individuen, die als Raupen eingetragen worden waren, zeigten dagegen nur einen geringfügigen Befall. Tabelle 6 läßt diesen Unterschied für 1953 deutlich erkennen. Von insgesamt 261 Raupen (Summe aus allen vier Beständen) wurden nur aus 5 Individuen (2%) nach ihrer Verpuppung Ichneumoniden gezogen.

Zwei dieser Schlupfwespen gehörten überdies der Art *Pristomerus vulnerator* Panz. an, die, soweit bekannt, Raupen parasit ist.

Von den jeweils gleichzeitig entnommenen 206 Puppen waren dagegen 57 (28%) parasitiert. Es geht daraus hervor, daß die in überwiegender Zahl gefundenen Ichneumoniden-Arten *Itoplectis (Pimpla) maculator* F. und *Phaeogenes invisor* Thunb. den Eichenwickler fast ausschließlich im Puppenstadium infizieren.

Zu Voraussetzung 3.

Es konnte nicht durch unmittelbare Beobachtung nachgewiesen werden, zu welchem Zeitpunkt die genannten Schlupfwespen-Arten ihre Eier ablegten. Aber es zeigte sich, daß die Parasitierung schon in den ersten Tagen des Puppenstadiums im wesentlichen ihren Endwert erreicht hatte. Die Schlupfwespen hatten also offenbar, um mit Thalenhorst (a. a. O.) zu sprechen, auf ihre Opfer „gewartet".

Die auf S. 12 genannten Voraussetzungen waren somit erfüllt. Gebundenheit der Hauptparasiten an das Puppenstadium des Wirts, Proterandrie der Puppen selbst und frühzeitiges Auftreten der Parasiten bedingten, daß die männlichen Individuen des Eichenwicklers in stärkerem Ausmaße infiziert wurden als die weiblichen.

Grundsätzlich ist es natürlich denkbar, daß unter anderen Koinzidenzverhältnissen die weiblichen Puppen in höherem Grade parasitiert werden. Diese Möglichkeit könnte gegeben sein, wenn die Schlupfwespen verspätet erscheinen und ihre Eier zu Ende des Puppenstadiums

ablegen würden; zu einem Zeitpunkt also, in dem ein Teil der Männchen schon als Falter geschlüpft wäre.

b) Tachinen

Im Jahre 1953 wurde zum erstenmal ein stärkerer Befall des Wicklers durch die Tachine *Elodia (Arrhinomyia) tragica* Meig.[8]) beobachtet. Von 54 tachinierten Puppen waren 44 weiblichen und nur 10 männlichen Geschlechts. Das Geschlechterverhältnis der durch die Tachinen vernichteten Individuen war somit ♂♂:♀♀ = 1:4,4, während die von Schlupfwespen befallenen Puppen ein GV von ♂♂:♀♀ = 1:0,8 gezeigt hatten. Im Gegensatz zu den Schlupfwespen traten die Tachinen also stärker in den weiblichen Puppen auf; zudem war ihre relative[9]) Einwirkung auf das Geschlechterverhältnis erheblich höher.

Es lag nahe, auch in diesem Fall die Koinzidenzverhältnisse zu untersuchen. Dabei ergab sich folgendes:

1. Die Entwicklungsdauer der weiblichen Raupen ist länger als die der männlichen (s. S. 13).

2. Nach MESNIL (LINDNER 1950) ist anzunehmen, daß die Eier von *Elodia tragica* auf die Eichenblätter abgelegt und dann von den Raupen mit der Nahrung aufgenommen werden[10]). Ich selbst habe die Parasiten in größerer Zahl auch aus solchen Puppen gezogen, die schon als Raupen eingetragen worden waren. Daraus geht hervor, daß der Eichenwickler jedenfalls als Raupe durch die Tachine infiziert wird.

3. Jüngere Raupen zeigten noch keinen Taschinenbefall. Anscheinend legen also die Parasiten ihre Eier erst dann ab, wenn die Wirtsraupen schon weit herangewachsen sind. Je später die Eiablage erfolgt, um so größer ist dann die Wahrscheinlichkeit, daß vorwiegend die länger fressenden weiblichen Raupen tachiniert werden. Diese Wahrscheinlichkeit wird weiter dadurch erhöht, daß die weiblichen Raupen eine größere Nahrungsmenge aufnehmen (und damit eher auf ein Tachinenei stoßen) als die männlichen[11]).

Die höhere Parasitierung der weiblichen Individuen des Eichenwicklers durch die Tachine *Elodia tragica* ist also einmal durch die „günstigere" Koinzidenz zwischen den weiblichen Raupen und dem Parasiten bedingt. Außerdem führt anscheinend der größere Nahrungsbedarf der weiblichen Raupen im Zusammenhang mit der Art der Eiablage der Tachine zu einer Erhöhung der Infektionsgefahr für dieses Geschlecht.

c) Übervölkerung

In den Abb. 10 und 11 liegt jeweils ein Wert weit außerhalb der Anordnung der übrigen Punkte. Hoher Mortalität (67% bzw. 35%) entspricht

[8]) Herrn B. Herting (Münster) spreche ich an dieser Stelle meinen Dank für die Determination der Tachinen aus.

[9]) relativ: bezogen allein auf die Gesamtzahl der tachinierten Puppen.

[10]) „Durch Sektion haben wir uns versichert, daß *Elodia tragica* Meig. und *E. convexifrons* Zett. eine sehr große Zahl microtyper Eier legen (nahe an 1000 pro ♀♀) . . . Es ist wahrscheinlich, daß diese Eier normalerweise vom Wirt verschlungen werden".

[11]) B. HERTING (Münster) teilte mir mit, daß den sehr kleinen Eiern von *Elodia tragica* Meig. eine dicke, chitinisierte Schale fehlt. Danach ist es unwahrscheinlich, daß die Eier gefressen werden. Obschon dadurch die frühere Annahme über die Art der Eiablage fraglich geworden ist, wird diese in den folgenden Zeilen weiter verwandt.

hier kein hoher, sondern ein ungewöhnlich niedriger Weibchenanteil. Die Puppen dieser Probe entstammten der Kontrollfläche D (1952). Wie später gezeigt wird (s. Teil II, Kap. 3), war die Mehrzahl der Raupen hier nach vorzeitigem Kahlfraß im 4. und 5. Stadium verhungert. Es kann vermutet werden, daß die weiblichen Raupen auf Grund ihres größeren Nahrungsbedarfs und der längeren Entwicklungsdauer stärker durch den Nahrungsmangel dezimiert wurden als die männlichen.

Eine ähnliche Beobachtung teilt BRANDT (1938) mit. Er stellte im Laboratorium fest, daß Hunger, Trockenheit und hohe Temperatur eine Verschiebung des Sexualindexes der Nonne (Eiraupen) zugunsten des männlichen Geschlechtes herbeiführten.

In dem vorliegenden Fall dürfte der Einfluß des Nahrungsmangels auf das Geschlechterverhältnis so stark gewesen sein, daß der Weibchenanteil trotz der hohen Parasitierung mit Schlupfwespen einschneidend herabgedrückt wurde.

Die das Geschlechterverhältnis beeinflussenden Faktoren sind mit dem Vorstehenden wohl im wesentlichen, aber sicher nicht vollzählig erfaßt. So wurde 1953 in A und B (Tabelle 7) schon zu Beginn des Puppenstadiums ein Überwiegen der Weibchen festgestellt, das nicht auf die oben genannten Ursachen zurückgeführt werden konnte.

Zum Vergleich ist auch das Geschlechterverhältnis der Puppen und Falter in den anderen Kontrollflächen angegeben. Die unbekannten Faktoren müssen ihre Wirkung also schon während der Raupenstadien ausgeübt haben.

Tabelle 7. Geschlechterverhältnis der Puppen und Falter (1953)

Kontrollfläche	Puppen (kurz nach der Verpuppung) ♂♂ : ♀♀	Falter ♂♂ : ♀♀
A	1 : 1,27	1 : 1,5
B	1 : 1,12	1 : 1,33
C	1 : 1,04	1 : 1,38
D	1 : 1,04	1 : 0,96

Die drei wichtigsten geschlechts-„selektiven" Mortalitätsfaktoren sind in den beobachteten Fällen insofern Antagonisten gewesen, als die Schlupfwespen eine Verschiebung des Geschlechterverhältnisses zugunsten der Weibchen, die Tachinen und die Übervölkerung eine Verschiebung zugunsten der Männchen bewirkt haben. Das Ausmaß dieser Änderung wird natürlich wesentlich durch die Stärke des Auftretens der Faktoren (also z. B. die Höhe der Parasitierung) bestimmt. So kommt es, daß die nur in geringer Zahl vorhandenen Tachinen trotz ihres relativ höheren Einflusses auf das Geschlechterverhältnis (s. S. 14) nicht in der Lage waren, die durch die Schlupfwespen bewirkte Verlagerung zugunsten der Weibchen auch nur zu kompensieren. In dem angeführten Sonderfall konnte dagegen der durch Übervölkerung hervorgerufene Nahrungsmangel ein ungewöhnlich starkes Absinken des Weibchenanteils nach sich ziehen.

Die Befunde lassen sich wie folgt zusammenfassen: Das Geschlechterverhältnis dürfte beim Eichenwickler ursprünglich (d. h. nach der Eiablage) 1:1 sein. Es wird aber im Verlauf der Weiterentwicklung durch die graduellen Unterschiede der Koinzidenz zwischen stadien-spezifischen Mortalitätsfaktoren und den Individuen des einen bzw. des anderen Geschlechts modifiziert. Richtung und Ausmaß der Verlagerung resultieren aus den jeweiligen die Koinzidenz bestimmenden phänologischen Voraussetzungen und der jeweiligen Wirkungsintensität der einzelnen Faktoren.

2. Eiproduktion

Die in der Literatur für die Eizahl von *Tortrix viridana* angegebenen Werte weichen stark voneinander ab. Die Methode der Untersuchungen war bei allen Autoren die gleiche: sie stellten die Zahl der in den Abdomina der frisch geschlüpften weiblichen Falter vorhandenen Eier fest. Es werden

folgende Werte angegeben: RENNIE (1836): 50—100; GUIDI (1868): 200; GASOW (1925): etwa 60; SCHEIDTER (1926): 178—257.

Aus Untersuchungen an anderen Lepidopteren war bekannt, daß die Eizahl der Falter vom Puppengewicht abhängt (SCHWERDTFEGER, 1944). So konnte beim Eichenwickler grundsätzlich die gleiche Beziehung erwartet werden. Im Hinblick darauf wurden zunächst die aus den Kontrollflächen entnommenen Puppen nach dem Geschlecht sortiert, dann die weiblichen Exemplare einzeln gewogen und — getrennt nach Gewichtsklassen zu je 6 mg — zu Faltern aufgezogen. Im Jahre 1951 waren diese Imagines sofort nach dem Schlüpfen abgetötet, vorläufig in Alkohol aufbewahrt und zu gelegener Zeit präpariert worden. Ihre Abdomina enthielten keine oder nur wenige voll entwickelte Eier, sondern fast ausschließlich unentwickelte Eianlagen und Fettkörper.

Dieser Befund sowie die Beobachtung, daß die Falter kurzlebig sind und keinen Reifungs„fraß" vollziehen, stellen *T. viridana* zu den durch eine partielle postmetabole Entwicklung gekennzeichneten Lepidopteren-Arten (2. Gruppe nach EIDMANN (1928, 1929 und 1931, a) Hauptvertreter: *Panolis flammea* Schiff.).

Es ergab sich eine klare Abhängigkeit: die Anzahl der Eianlagen stieg mit dem Puppengewicht (Abb. 12). Die Unterschiede zwischen den aus der Literatur entnommenen Angaben (s. o.) sind also wahrscheinlich z. T. auf Abweichungen im Puppengewicht des jeweils untersuchten Materials, z. T. auf die Unsicherheit bei der Erfassung auch der letzten Eianlage zurückzuführen.

Es mußte versucht werden, die Zahl der tatsächlich abgelegten Eier nach einer anderen Methode zu bestimmen. In dieser Absicht wurden die Falter in Käfigen und Gläsern gehalten. Es zeigte sich aber (wie schon GASOW 1925, DE SEABRA und DOS SANTOS HALL 1924, b, beobachtet hatten), daß die Imagines bald nach Ablage der ersten Eier abstarben. Auf diese Weise konnte aber wenigstens die Zahl der legereifen Eier ermittelt werden. Die Abdomina der abgestorbenen weiblichen Falter waren mit Eiern angefüllt, die in der Größe abgelegten Eiern entsprachen. Die Ovarialschläuche waren hinter dem jeweils letzten voll entwickelten Ei abrupt abgeschnürt und enthielten in diesem letzten Teil nur noch verkümmerte Eianlagen. Das Fettgewebe war restlos abgebaut. Es konnte also mit Recht angenommen werden, daß die Eireifung zu diesem Zeitpunkt abgeschlossen war.

Auf Grund dieser Erfahrungen habe ich im Jahre 1952 eine größere Anzahl von Puppen nach Gewichtsklassen zu je 3 mg getrennt aufgezogen

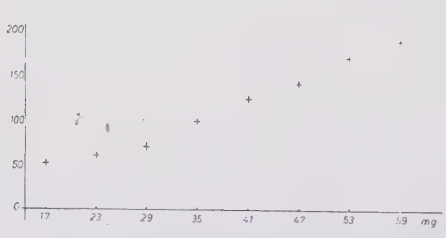


Abb. 12. Verhältnis der Anzahl der Eianlagen zum Puppengewicht (Falter kurz nach dem Schlüpfen abgetötet). Abszisse = Gewicht der weiblichen Puppen in mg (zu Gewichtsklassen zusammengefaßt). Ordinate = Anzahl der Eianlagen (Mittelwerte)

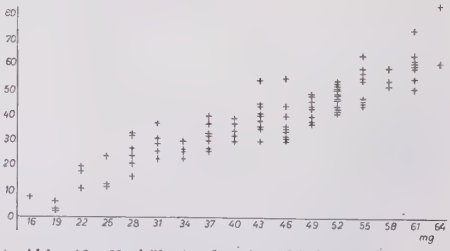


Abb. 13. Verhältnis der Anzahl legereifer Eier zum Puppengewicht (Falter mehrere Tage in Zucht gehalten). Abszisse = Gewicht der Puppen in mg (zu Gewichtsklassen zusammengefaßt) Ordinate = Anzahl legereifer Eier

und die aus ihnen schlüpfenden Falter bis zum Ablegen der ersten Eier am Leben gehalten. Die abgeflatterten Tiere wurden jeweils täglich entnommen, abgetötet und später untersucht. Die Ergebnisse dieses Versuchs sind in Abb. 13 dargestellt. Das Diagramm zeigt, daß auch die Zahl der legereifen Eier mit der Höhe des Puppengewichts ansteigt.

Die höchste Eizahl (84) wurde bei einem Falter festgestellt, dessen Puppe der Gewichtsklasse (64 mg) zugehört hatte. Als Minimum wurden 4 Eier bei einem Falter gefunden, dessen Puppengewicht mit 19 mg bestimmt worden war.

Als (im Sinne von Zwölfer, 1931) absolute Eizahl des Eichenwicklers wird vorläufig die durchschnittliche Eizahl (65) der aus den größten Puppen gezogenen Falter angesehen. Dieser Wert wird aber nur selten erreicht, da die absolute Eizahl in der Regel durch ungünstige Einflüsse der Umwelt während der Präimaginalentwicklung der Tiere reduziert wird und nur ausnahmsweise von einzelnen Individuen überschritten.

Es ist bekannt, daß die Eiproduktion von Insekten u. a. besonders durch Nahrungsmangel eingeschränkt wird (Schwerdtfeger, 1944). Die Folgen eines im Raupenstadium aufgetretenen Nahrungsmangels zeigen sich zunächst in einer Verringerung des Puppengewichts, das — wie oben für den Eichenwickler dargestellt worden ist — der Eizahl des Falters entspricht. Um diese Zusammenhänge aufzuzeigen, wurde in Abb. 14 das durchschnittliche Gewicht der Puppen, die von einzelnen Bäumen entnommen worden waren, zu dem Prozentsatz der Restbelaubung dieser Stämme in Beziehung gesetzt. Die Restbelaubung, d. h. der nach Beendigung des Fraßes noch vorhandene Laub-Anteil, konnte in gewissem Grade als Maß für das ehemalige Verhältnis zwischen der Menge der verfügbaren Nahrung und der Zahl der auf sie angewiesenen Raupen betrachtet werden. Die in Abb. 14 eingetragenen Werte zeigen, daß das Puppengewicht mit der Höhe der Restbelaubung anfänglich (d. h. im Bereich stärksten Fraßes) rasch, später aber langsamer ansteigt.

1952 wurde auf der Kontrollfläche D beobachtet, daß der größte Teil der Raupen im 4. und 5. Stadium verhungerte, da die Eichen frühzeitig kahl gefressen waren. Die Larven gelangten also nicht zur Verpuppung. Die Kurve (Abb. 14) könnte daher theoretisch bis zum Nullpunkt ausgezogen werden.

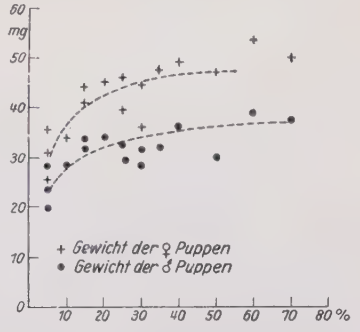


Abb. 14. Abhängigkeit des Puppengewichts von der Restbelaubung (der Reciproken des Fraßgrades). Abszisse = Restbelaubung einzelner Eichen, in Prozent der vollen Belaubung. Ordinate = durchschnittliches Puppengewicht (mg) der den betreffenden Stämmen zugehörigen Populationen

3. Theoretischer Vermehrungskoeffizient

Nach Bremer (1929) ist der theoretische Vermehrungskoeffizient (m) definiert als das Produkt aus der durchschnittlichen Zahl der Nachkommen (a) eines Weibchens (in einer Generation) und dem Anteil der Weibchen $(\frac{1}{b})$ an der Gesamtpopulation. Das ergibt die Formel

$$m = \frac{a}{b}.$$

Das ursprüngliche Geschlechterverhältnis dürfte nach den Ausführungen auf S. 11 ff. beim Eichenwickler 1 : 1 sein; $\frac{1}{b}$ ist also $= \frac{1}{2}$. An Stelle der „durchschnittlichen" Zahl der Nachkommen (BREMER) soll hier die „absolute Eizahl" (ZWÖLFER, s. o.) in die Formel eingesetzt werden; a ist also = 65. Dann ergibt sich für den Eichenwickler ein theoretischer Vermehrungskoeffizient von

$$m = \frac{65}{2} = 32{,}5$$

Praktisch, d. h. unter den natürlichen Verhältnissen, dürfte dieser Wert nur höchst selten erreicht werden, da beide Komponenten, wie vorstehend aufgezeigt wurde, variabel sind.

B. STERBLICHKEIT

Die Individuendichte des Eichenwicklers kann durch endogene (genetische) und exogene Faktoren (Elemente der belebten und unbelebten Umwelt) reduziert werden. Über die Auswirkung der endogenen Faktoren auf die Populationsdynamik von Insekten ist bisher nur wenig bekannt (FRANZ, 1950). Auch meine eigenen Beobachtungen ergaben keine Anhaltspunkte in dieser Richtung, vielmehr ließen sich alle Änderungen der Populationsdichte im wesentlichen auf exogene Ursachen zurückführen.

1. Wetter

a) Unmittelbare Einflüsse

Das Wetter gewinnt einen unmittelbaren Einfluß auf die Populationsdynamik des Wicklers, wenn ein Element der Witterung selbst als Mortalitätsfaktor auftritt (z. B. letale Temperaturen; heftiger Regen oder Hagel).

Unmittelbare Einflüsse des Wetters auf die Populationsbewegung des Eichenwicklers sind bisher nur selten beobachtet worden. Die Zahl der Eier wurde weder in sehr kalten (REH, 1907) noch in feucht-warmen Wintern (GASOW, 1925) wesentlich verringert. GASOW (1. l.) gab an, daß die Eiraupen vor dem Eindringen in die Knospen durch ungünstiges Wetter vernichtet werden können. Die Populationsdichte der älteren Raupen (RATZEBURG, 1840) und der Falter (GASOW, 1925) schien nur durch extreme Witterungsbedingungen (lang andauernden Regen) reduziert zu werden.

Nach meinen eigenen Untersuchungen sank die Individuendichte der Eier jeweils vom Herbst bis zum Frühjahr ab. Dieser Unterschied war allerdings nicht statistisch gesichert. Sollte er tatsächlich bestanden haben, so wäre folgende Erklärung möglich. Die anfänglich sichere Befestigung der Gelege könnte durch das Dickenwachstum der Zweige[12]) beeinträchtigt werden. Einsickerndes Wasser kann durch Gefrieren weiterhin die Anheftung lockern. Es ist nicht ausgeschlossen, daß diese Gelege endlich durch starke Erschütterungen — Aufprall von Hagelkörnern oder Aneinanderschlagen der Zweige bei stärkerem Wind — abgelöst werden und zu Boden fallen. Daß die aus solchen Eiern später eventuell schlüpfenden Raupen doch noch an ihre Nahrung gelangen, halte ich zumindest für unwahrscheinlich.

Raupen und Puppen sind in ihren Blattwickeln bis zu einem gewissen Grade geschützt. Höchstens sind die Eiraupen, bevor sie in die

[12]) Nach HARTIG (zit. b. BÜSGEN, 1927, S. 101) wachsen an 50 bis 60 Jahre alten Eichen die 1- bis 6-jährigen Zweige bis Ende August, also auch noch nach der Eiablage des Wicklers.

Knospen eingedrungen sind, und die älteren, Raupen, wenn sie die Blattwickel verlassen, stärker gefährdet.

Die Falter sind, nach einer eingehenden Beobachtung, gegen Einflüsse des Wetters anscheinend doch weniger empfindlich als man annehmen möchte.

Nach drei stürmischen und regnerischen Tagen (13.—15. Juli 1950) wurden 90 abgestorbene Imagines von einer 200 qm großen Fläche abgesammelt. Von 19 Faltern, die mehr oder weniger beschädigt waren, konnte das Geschlecht nicht bestimmt werden, von den übrigen waren 57 männliche und 14 weibliche Tiere[13]). In den Abdomina zweier Weibchen wurden 21 bzw. 17 legereife Eier gefunden; die übrigen Falter enthielten ebenso viele (4—8) Eier wie normal abgestorbene Tiere. Offenbar waren also in diesem Fall von 14 Weibchen höchstens 2 Exemplare vorzeitig durch das Wetter vernichtet worden. Auf das Ganze gesehen wurde die Populationsdichte der Falter jedenfalls nicht merklich verringert.

b) Mittelbare Einflüsse

Mittelbar ist der Einfluß des Wetters, wenn die Elemente der Witterung auf die Beziehungen, insbesondere auf die Koinzidenz, zwischen dem Eichenwickler und den Faktoren seiner Umwelt (im wesentlichen der Nahrung und den Mortalitätsfaktoren) einwirken.

Die Koinzidenz (im Sinne von Thalenhorst, 1950) ist die Wahrscheinlichkeit, mit der die Individuen des Wicklers (u. U. nur in einem Stadium) mit der zusagenden Nahrung oder den Mortalitätsfaktoren in Raum und Zeit zusammentreffen. Inkoinzidenz (negative Koinzidenz) liegt dann vor, wenn die Individuen des Wicklers nicht mit der zusagenden Nahrung oder den Gegenspielern zusammentreffen.

Nach Wild (1916) wurde ein Massenauftreten des Schädlings (im Rheinland 1903—1912) in dem Jahr beendet, in dem ein Kälterückschlag (13. bis 14. April 1913) die sehr weit entwickelte Vegetation vernichtete. Der Verfasser nahm an, daß die danach geschlüpften Raupen verhungerten. Eigene Beobachtungen erbrachten in einem ähnlichen Falle ein anderes Ergebnis. Am 25. April 1953 erfroren an einigen sehr früh treibenden Eichen die zu etwa 60% aufgebrochenen Knospen. Die Eiraupen hatten bis dahin schon zum Teil die Eier verlassen und die Knospen angefressen. Die meisten Individuen schlüpften jedoch erst nach dem Kälteeinbruch. Aber weder die vor noch die nach dem Frost geschlüpften Raupen verhungerten, sondern alle Tiere befielen die bald danach aufbrechenden neuen Knospen.

Auf Grund der Literaturangaben (S. 20) war ferner ein Einfluß der Witterung auf die Koinzidenz zwischen den Eiraupen des Wicklers und den „zusagenden" Phasen der Knospenentwicklung zu erwarten. Da diese Zusammenhänge das Schlüsselproblem für das Massenauftreten des Eichenwicklers bilden und überdies komplexer Natur sind, erschien es zweckmäßig, sie gesondert darzustellen (s. Kap. 2, S. 20 ff.).

Die Temperatur regelt weiterhin grundsätzlich die Entwicklung der Poikilothermen und kann somit die zeitliche Koinzidenz zwischen dem Eichenwickler und seinen Gegenspielern (Räubern und Parasiten) dann in ihrem Ausmaß verändern, wenn beide in ihrer Entwicklungsgeschwindigkeit ungleichmäßig beeinflußt werden oder der Gegenspieler sogar weitgehend von der Temperatur unabhängig ist (Homoitherme; im vorliegenden Fall hauptsächlich Vögel). Während der Dauer der Beobachtungen zeigten sich jedoch keine erfaßbaren Unterschiede.

---

[13]) Das Überwiegen der Männchen war dadurch bedingt, daß noch nicht alle Weibchen geschlüpft waren.

Endlich kann das Wetter die Konstitution des Schädlings beeinflussen und damit die Anfälligkeit gegen Krankheiten vermindern oder erhöhen. Auch solche Zusammenhänge konnten am Untersuchungsobjekt nicht festgestellt werden.

2. Inkoinzidenz zwischen Eichenwickler und Eiche

Tortrix viridana L. ist monophag an die Eiche gebunden; höchstens nehmen die älteren Raupen bei Nahrungsmangel auch Blätter anderer Bäume an. Darüber hinaus lagen Hinweise darauf vor, daß die Eiraupen des Wicklers enge Ansprüche an den Entwicklungsgrad der Nahrung stellen und daß ihr Schlüpfen daher zeitlich in gewissem Grade mit dem Austreiben der Knospen übereinstimmen muß. Diese Übereinstimmung (Koinzidenz) scheint jedoch nicht immer gegeben zu sein.

MEYERINK (1839) hatte in einem Fall beobachtet, daß spät treibende Eichen geringeren Fraßschaden zeigten als früher treibende. GASOW (1925), HERTZ-KLEPTOW (1949) und SCHWERDTFEGER (1949) stellten das gleiche fest und befürworteten einen bevorzugten Anbau von Spättreibern. DE SEABRA und DOS SANTOS HALL (1924 c) betonen, daß der Wickler an der Korkeiche wohnen kann, weil Austriebszeit dieser Bäume und Schlüpfzeit der Raupen übereinstimmen. SCHWERDTFEGER (1949) vermutete, daß die Koinzidenz zwischen dem Splüpfen der Eiräupchen und der Knospenentwicklung der Eichen das Schlüsselproblem für das Massenauftreten des Eichenwicklers darstellt.

Auf Grund dieser Hinweise wurden eigene Untersuchungen angesetzt, die folgende Fragen beantworten sollten:

1. Welche Phase der Laubentfaltung ist für die Entwicklung der Eiraupen optimal und in welchen Phasen werden die Knospen schon (Minimum) oder noch (Maximum) angenommen?
2. Wann und innerhalb welcher Zeitspanne schlüpften (in den Beobachtungsjahren) die Eiraupen?
3. Wann und innerhalb welcher Zeitspanne lockerten sich die Knospen
   a) eines und desselben Baumes (Variationsbreite je Individuum)?
   b) aller Kontrollbäume (Variationsbreite innerhalb des Bestandes)?
4. Wieweit wurde gegebenenfalls die Variationsbreite der Knospenentwicklung am Einzelbaum bzw. im Bestande durch die Variationsbreite des Schlüpfens der Eiraupen (und zusätzlich etwa durch ein befristetes Hungervermögen) ausgeglichen?
5. War die Koinzidenz zwischen dem Schlüpfen der Eiraupen und der Knospenlockerung der Eichen eines Austriebstyps (Früh-, Mittel- bzw. Spättreiber) in jedem Jahr gleich?
6. Wenn die Koinzidenz von Jahr zu Jahr Unterschiede zeigte: durch welche Ursachen wurden das Schlüpfen der Eiraupen und die Entwicklung der Knospen gegeneinander verschoben?
7. War zu erwarten, daß solche Verschiebungen sich derart auf den Massenwechsel auswirkten, daß zeitliche und örtliche Unterschiede des Befalls auf den Kontrollflächen dadurch erklärt werden konnten?

Zu 1. Optimale Phase der Knospenentwicklung

Nach GASOW (1925) kann die Eiraupe des Wicklers in solche Knospen eindringen, deren Schuppen nicht mehr fest anliegen. Ob auch weiter entwickelte Triebe befressen werden können, war nicht bekannt. In meinen Versuchen wurden Eiraupen des Wicklers an Knospen von unterschied-

licher Entwicklungsphase übertragen. Zur besseren Einteilung wurden folgende 7 Phasen der Knospenentwicklung ausgewählt, die durch die angeführten Merkmale gekennzeichnet waren:

1. Fest geschlossene Knospe.
2. Gestreckte Knospe (Schuppen noch fest anliegend).
3. Gelockerte Knospe (es wird der Anschein erweckt, daß die Schuppen hohl aufliegen).
4. Geöffnete Knospe (die Knospenschuppen treten an der Spitze auseinander).
5. Aufgebrochene Knospe (meist schon ein Blatt entfaltend).
6. Gestauchter Trieb (mehrere freie Blätter in der Entfaltung).
7. Trieb in der Streckungsphase (mit entfalteten Blättern).

Zu diesen Untersuchungen wurden Anfang April 1952 einige Zweige eingetragen und unterschiedlich behandelt. Ein Teil von ihnen stand in abgedeckten Glaszylindern ohne Wasser und war der Temperatur des Arbeitszimmers (etwa 18°) ausgesetzt. So konnte ein Aufbrechen der Knospen vermieden und konnten später in diesen Gefäßen Eiraupen abgesucht werden, die noch nicht gefressen hatten. Die anderen Zweige wurden von Gelegen befreit und in Wasser gestellt. Von ihnen wurden für die eigentlichen Versuche zu gegebener Zeit Zweigstücke mit einzelnen Knospen oder Trieben abgeschnitten, die noch nicht von Raupen befressen worden waren. Auf diese jungen Triebe wurden die an den anderen Zweigen geschlüpften Raupen übertragen. Täglich wurde kontrolliert, ob die Tiere gefressen hatten, ob sie abgewandert oder gestorben waren.

Die Zweigstücke standen in kleinen Standzylindern, die mit Wasser gefüllt waren, um den Turgor der Knospen aufrecht zu erhalten. Ein Zellstoffpfropfen schloß das Wassergefäß ab und verhinderte damit ein Ertrinken der Raupen. Zugleich trug dieser Pfropfen eine Celluloidhülse, die den Larven das Abwandern verwehren sollte. Da die Celluloidhülsen leicht einrissen, durfte der Verschluß den Hülsen einerseits nicht zu fest angepreßt werden. Andererseits konnten sich die Raupen bei einer zu lockeren Verbindung zwischen Zellstoff und Hülse hindurch zwängen. Ein genügend dichter Abschluß war nicht in allen Fällen erreicht worden. Hierauf ist es zurückzuführen, daß von insgesamt 407 angesetzten Raupen 47 (12%) nicht wiedergefunden wurden.

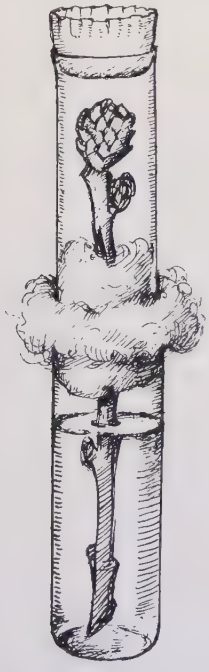


Abb. 15. Zuchtröhrchen für die Ermittlung der optimalen Knospenphase

Die Zuchtröhrchen (s. Abb. 15) wurden in einem kühlen Zimmer (bei etwa 15°) aufgestellt, so daß sich Raupen und Knospen langsam weiter entwickelten. Trotzdem war es notwendig, den Grad der Knospenentwicklung nicht nur beim Ansetzen des Versuches zu bestimmen, sondern ihn alle 24 Stunden neu abzuschätzen. Bei jeder Kontrolle wurden die in den Zuchtröhrchen umherirrenden Larven wieder auf die Knospen übertragen.

Die Ergebnisse dieser Versuchsreihe sind in der Abb. 16 dargestellt.

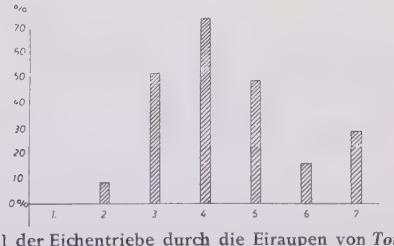


Abb. 16. Befall der Eichentriebe durch die Eiraupen von *Tortrix viridana* L. in den verschiedenen Phasen der Knospenentwicklung. Abszisse = Phasen der Knospenentwicklung (Erklärung s. S. 21).
Ordinate = Verhältnis der Anzahl entwickelter Raupen zur Zahl der angesetzten Tiere

Hiernach ist für die Entwicklung der Eiraupen die Phase der „geöffneten Knospe“ (4) optimal.

Selbst in diesem optimalen Falle entwickelten sich allerdings nicht 100%, sondern nur 74% der angesetzten Raupen. Dieses Ergebnis ist dadurch zu erklären, daß die Raupen nach dem Ansetzen an eine Knospe nicht sogleich in diese eindringen, sondern meist erst auf den Knospen umherlaufen und z. T. abwandern. So fanden einige Tiere die Knospe nicht wieder, sondern verhungerten innerhalb der Zuchtröhrchen oder entwichen.

Die früheste Möglichkeit für das Eindringen der Raupen bietet die Phase der „gelockerten Knospe“ (3); solche Knospen wurden von 52% der angesetzten Raupen angenommen.

Die 8% der angesetzten Larven, die in den Knospen der ehemaligen 2. Phase gefunden wurden, hatten solche Exemplare befallen, die sich inzwischen zur 3. Phase entwickelt hatten. Die typische gestreckte Knospe (2. Phase) war in keinem Fall angenommen worden.

Die „aufgebrochene Knospe“ (5. Phase) kann als letzte noch zugängliche Phase bezeichnet werden, obschon sich auch an den weiter entfalteten Trieben noch einige Eiraupen entwickelten. Während sich an den Knospen der 5. Phase aber immerhin 49% der Raupen häuteten, wurden an den weiter entwickelten Trieben nur noch 16 und 29% der angesetzten Tiere gefunden.

Es ist möglich, daß diese Triebe der 6. und 7. Phase im Freiland noch weniger leicht befressen werden, da die Epidermis der bei Zimmertemperatur und abgeschwächtem Tageslicht gebildeten Blätter anscheinend zarter ist als die der im Freiland wachsenden Triebe.

Die beste Entwicklungsmöglichkeit fanden die Eiraupen also dann, wenn ihre Schlüpfzeit mit der 4. Phase der Knospenentwicklung, der „geöffneten Knospe“, übereinstimmte. Es mußte untersucht werden, ob und wieweit diese Koinzidenz im Freiland bestand. Dazu war erforderlich, Zeit und Variationsbreite des Schlüpfens und Zeit und Variationsbreite der Knospenlockerung zu kennen.

Zu 2. Schlüpfen der Eiraupen

Die Zahl der täglich geschlüpften Eiraupen konnte durch einfaches Absuchen in den Bäumen nicht genau erfaßt werden. Einmal fallen die Tiere, solange sie nicht in Knospen eingedrungen sind, leicht von den Zweigen ab bzw. werden außerhalb der Knospen leicht übersehen. Zum anderen war eine solche Untersuchung zu zeitraubend, um sie in allen vier Kontrollflächen oder zumindest in den drei einheitlichen Wäldern (Wolbeck, Everswinkel und Ostenfelde) durchführen zu können. Zeit und Variationsbreite

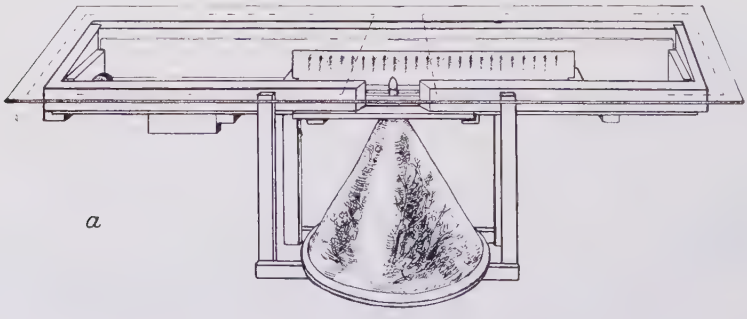
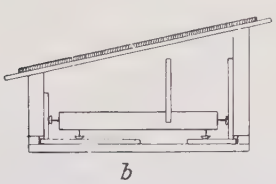


Abb. 17a. Schlüpfuhr (Gesamtansicht)

des Schlüpfens konnten aber mit Hilfe aufgestellter Schlüpfuhren ermittelt werden (Abb. 17).

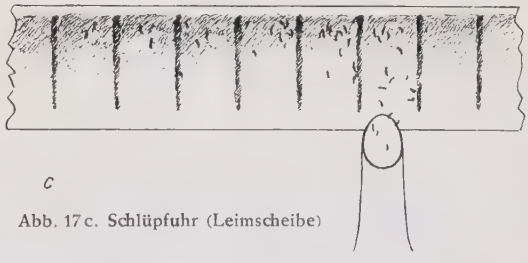
Ein mit der Spitze nach oben gerichteter Celluloidtrichter mit einem weitesten Durchmesser von 30 cm und einer Höhe von 30 cm diente zur Aufnahme eibelegter Zweigstücke. Der an der kleineren Trichteröffnung angebrachte Endstutzen war schräg abgeschnitten und berührte mit seiner Spitze eine senkrecht stehende Glasscheibe, die in der weiter unten angeführten Weise mit Raupenleim bestrichen war. Die Scheibe war 52 cm lang und 4 cm breit und wurde durch zwei Querhölzer unterstützt. Ihr frei im Raum stehender und durch diese Holzständer begrenzter Teil wurde in 48 Stunden in seiner Gesamtlänge an der Trichteröffnung bzw. dem Stutzen vorbeigezogen. Als Antrieb diente eine große Weckuhr[14]), deren Stundenzeiger durch ein Holzrad ersetzt worden war. An diesem Rad ($r = 19$ mm) war ein Faden befestigt, der die Scheibe um etwa 1 cm in der Stunde weiterzog. Zur Verringerung des Reibungswiderstandes waren die Holzständer mit je vier Nägeln versehen worden, die auf vier Glasschienen (zur unteren und seitlichen Führung) liefen (Abb. 17b). Uhr und Glasschienen waren in einem hölzernen Gehäuse untergebracht. Dessen Seitenwände waren in der Nähe der Trichteröffnung so eingesägt worden, daß hier das auf den Trichter auffallende Licht so wenig wie möglich abgeschirmt wurde. Der regensicheren Bedeckung diente eine große Glasscheibe, die bis auf ein Fenster unmittelbar über dem Trichter abgedunkelt worden war.

Die Funktionstüchtigkeit der Schlüpfuhr wurde im April 1952 überprüft. Etwa 15 cm lange Zweigstücke mit anhaftenden Gelegen wurden in den Trichter gefüllt; dieser wurde sodann an der großen Öffnung (also unten) durch ein schwarzes Tuch verschlossen. Die kurzen Zweigstücke trockneten schnell aus, so daß die Knospen, soweit sie schon entwickelt waren, verdorrten. So gelangten die positiv phototaktisch und negativ geotaktisch reagierenden Raupen ohne wesentliche Verzögerung und restlos zur oberen Trichteröffnung und von hier auf die Leimscheibe. Diese war in der in Abb. 17c dargestellten Weise mit Raupenleim bestrichen.



b

Abb. 17b. Schlüpfuhr (Querschnitt)



c

Abb. 17c. Schlüpfuhr (Leimscheibe)

Der Leim war unten nur in einem dünnen Film aufgetragen, der nach oben hin in die dickere, eigentliche Klebschicht überging. Zunächst wichen die Raupen meist schon vor den ersten Leimspuren seitlich aus. Die kammartig in etwa 2 cm Abstand gezogenen vertikalen Leimstriche verhinderten aber eine seitliche Abwanderung. Nach unten entwichen die Raupen nicht, da sie durch das vorwiegend von oben einfallende Licht immer wieder zum Leim geführt wurden. So gelangten sie schließlich doch auf den Leimfilm, stiegen dann meist ohne Verzögerung weiter und blieben in der Klebschicht haften.

Am 12. 4. 1952 wurden drei Schlüpfuhren in Wolbeck (A), Everswinkel (C) bzw. Ostenfelde (D) aufgestellt und gegen Abend in Betrieb gesetzt. Von jeder Kontrollfläche wurden zumindest aus drei Kontrollbäumen Zweige mit Eigelegen entnommen und in die Trichter gefüllt. Sodann wurden die Uhren in einer Höhe von 10—15 m an der Südseite eines Hauptstammes so angebracht, daß die Sonnenstrahlen frei auf die Trichter fallen konnten. Der größte Teil der Wärme- und Lichtstrahlen durchdrang das Celluloid und erreichte die Zweigstücke und Gelege im Trichter. Das schwarze Tuch am Trichterboden

[14]) Es stellte sich heraus, daß die Zugkraft der Uhren trotz Verstärkung der Antriebsfedern im Freiland nicht genügte, um eine gleichmäßige Fortbewegung der Scheibe zu gewährleisten. Vermutlich wurden die Uhren durch Einflüsse des Wetters vorübergehend außer Betrieb gesetzt. So konnten keine Unterlagen über die Tagesrhythmik des Schlüpfens erhalten werden. Die Gesamtzahl der täglich geschlüpften Raupen ließ sich aber gut ermitteln.

gestattete einen gewissen Wärme- und Luftaustausch. Dadurch waren die Gelege in den Trichtern wenigstens eingermaßen natürlichen klimatischen Bedingungen ausgesetzt. Eine genaue Übereinstimmung mit dem Außenklima konnte freilich nicht erreicht werden; insbesondere dürfte bei direkter Sonnenbestrahlung die Temperatur in den Trichtern höher gewesen sein als im Freiland. Um die Auswirkungen solcher Temperaturunterschiede möglichst gering zu halten, wurden die Uhren erst kurz vor dem Schlüpfen der Raupen in Betrieb genommen. So konnte erwartet werden, daß die Raupen ungefähr zu der gleichen Zeit auf dem Leim festgehalten wurden, in der sie im Freien an die Knospen gelangt wären.

Auf der nachfolgenden Tabelle sind die Zahlen der täglich auf dem Leim abgefangenen Raupen zu ersehen.

Tabelle 8. Schlüpfen der Eiraupen im April 1952 (Schlüpfuhr-Versuch)

	Auf dem Leimstreifen gefundene Raupen								
	absolut	relativ (% der Gesamtzahl)							
Datum:	13.—20. 4.	13. 4.	14. 4.	15. 4.	16. 4.	17. 4.	18. 4.	19. 4.	20. 4.
Ort:									
Wolb. (A)	91	13	30	33	20	2	0	2	0
Eversw.(C)	389	5	28	36	21	9	1	0	0
Ostenf. (D)	828	10	16	28	38	7	1	0	0

Wie die Tabelle erkennen läßt, wurden in allen drei Beständen die Raupen hauptsächlich in der Zeit vom 13. bis zum 17. April auf dem Leim gefunden. Als mittlerer Schlüpftermin kann somit der 15. April angesehen werden.

Am 12. 4. waren bei stichprobenartigen Kontrollen an einigen Zweigen noch keine geschlüpften Raupen gesehen worden. Der 13. April war also offenbar tatsächlich der erste Schlüpftag. Auf der anderen Seite hatten nach dem 19. 4. in den Schlüpfuhren keine Raupen mehr ihre Gelege verlassen, und auch bei Kontrollen anderer Zweige wurden nur noch leere Eier gefunden.

Die mittleren Termine (15. 4.) und die Variationsbreiten des Schlüpfens waren also 1952 [15]) in allen drei Beständen nahezu gleich; die Variationsbreite war überdies mit 7 Tagen ausgesprochen gering.

Zu 3. Austreiben der Eichen

Die phänologischen Daten der Knospenlockerung und ihre Variationsbreite wurden im wesentlichen an den 40 Kontrollbäumen bestimmt.

Mehr oder weniger g r o b konnte die Laubentfaltung vom Boden aus durch Beobachtung mit dem Fernglas (8×30) abgeschätzt werden. Der Grad der Entwicklung wurde dabei in Prozent der vollen Belaubung angegeben; 0% bedeutete dann völlige Kahlheit während ein Baum mit 100% voll belaubt war. Genau konnte der kritische Zeitpunkt auf diese Weise jedoch nicht bestimmt werden, da die geringen Unterschiede zwischen den einzelnen Phasen (s. S. 21) auf die weite Entfernung nicht erkennbar waren. Für eine feinere Differenzierung wurden vorwiegend die weiter unten angeführten Methoden benutzt. Auf die oben erwähnte, grobe Weise war es aber möglich, die Ermittlung der Laubentfaltung an den Kontrollbäumen ergänzungsweise häufiger durchzuführen; andererseits konnte so zusätzlich der Austriebstyp zahlreicher anderer Eichen festgelegt werden.

Die Austriebszeiten der 40 Kontrollbäume konnten g e n a u e r an den abgetrennten Zweigen ermittelt werden, die auch zur Bestimmung der Populationsdichte des Wicklers dienten. Die Knospen und Triebe wurden nach Entwicklungsphasen sortiert und ausgezählt. Hierbei zeigte sich, daß bei der Einteilung subjektive Fehler unterliefen, indem

[15]) In den anderen Jahren konnten die Uhren nicht angebracht werden.

Übergangsformen einmal zur früheren, ein anderes Mal zur späteren Phase gezählt wurden. Die Zuordnung war davon abhängig, ob vorher überwiegend wenig entwickelte oder sehr weit entwickelte Knospen beobachtet worden waren.

Um auch diesen Fehler noch auszuschalten, wurden 1952 und später Teile der Zweige unter Benutzung einer Vorsatzlinse photographiert. Diese Aufnahmen gestatteten in jedem Fall einen objektiven Vergleich der Knospenentwicklung, auch wenn es sich um Zweige handelte, die an aufeinander folgenden Tagen entnommen worden waren. So wurden z. B. in der Vegetationsperiode 1952 im Durchschnitt von jedem Kontrollbaum fünf Aufnahmen angefertigt, und zwar 3 Bilder von Zweigen zur Ermittlung der Knospen-Entwicklungsphase und überdies 2 weitere Bilder der gesamten Krone zur Feststellung des Schadfraßes.

a) Die Untersuchungen ergaben, daß die Knospen an den Zweigen eines und desselben Baumes nahezu gleichzeitig aufbrachen. Wesentliche Unterschiede in der Austriebszeit wurden weder bei einem Vergleich der Infloreszenzen mit den Triebknospen noch bei einem Vergleich der Knospen des oberen mit denen des unteren Kronenbereiches festgestellt. Nur gelegentlich wurden Ausnahmen beobachtet.

So konnten einzelne Ersatzknospen noch zu einem Zeitpunkt aufbrechen, in dem die Krone schon eine Belaubung von 50% zeigte, oder einige Triebe hatten schon Blätter entfaltet, während die meisten Knospen erst eben gelockert waren. Diese und ähnliche Abweichungen traten aber nur vereinzelt auf, und zumal in dem oberen Kronenbereich, dem Raum der höchsten Individuendichte der Eiraupen, wurden jeweils fast ausschließlich Knospen gefunden, die nur in eine oder zwei benachbarte Entwicklungsphasen eingruppiert werden konnten.

b) Größere Unterschiede in der Phänologie der Knospenlockerung zeigten sich jedoch von Baum zu Baum, d. h. innerhalb des Bestandes. Die Variationsbreite des Austreibens konnte an den 40 Kontrollbäumen ermittelt werden. Weiterhin machten sich neben diesen innerhalb eines Jahres beobachteten individuellen Unterschieden auch von Jahr zu Jahr witterungsbedingte Abänderungen der Austriebszeiten bemerkbar.

1951 hinderten mich die Folgen eines Unfalles an der Durchführung der phänologischen Beobachtungen. 1952 bzw. 1953 wurden die folgenden Daten festgestellt. Es hatten die entscheidende 4. Phase der Knospenentwicklung erreicht:

	der erste Baum	50 % der Kontrollbäume	der letzte Baum	Variationsbreite:
1952	am 11. 4.	am 16. 4.	am 30. 4.	19 Tage
1953	am 5. 4.	am 9. 4.	am 30 4.	26 Tage

Die Austriebsreihenfolge der Kontrollbäume blieb in den Jahren 1952 und 1953 bis auf einige unwesentliche Unterschiede, die innerhalb der Fehlergrenzen der Beobachtung lagen, gleich. Dieser Befund wurde durch die dreijährigen Untersuchungen von MÜNZBERG bestätigt[16]). So konnte die 1952 und 1953 ermittelte Austriebsreihenfolge auch für 1951 als gültig angesehen werden.

Diese Konstanz gestattete eine Einteilung der Bäume nach Austriebstypen. Allerdings mußte eine solche Gliederung mehr oder weniger willkürlich sein, da die Extreme — Früh- und Spättreiber — durch Mitteltreiber und weitere Zwischenstufen ohne scharfe Grenzen miteinander verbunden waren.

[16]) Ass. d. Forstd. H. MÜNZBERG arbeitete 1950—1953 im gleichen Untersuchungsgebiet ebenfalls im Rahmen des eingangs erwähnten Forschungsauftrages. Die genannten Angaben entstammen seinen noch unveröffentlichten Berichten.

Die zehn zuerst treibenden Kontrollbäume wurden als Frühtreiber (F) und die zehn zuletzt treibenden als Spättreiber (S) bezeichnet. Die übrigen zwanzig Eichen galten als Mitteltreiber (M_1 = Mitteltreiber zu Frühtreibern tendierend; M_2 = Mitteltreiber zu Spättreibern tendierend).

Interessant und wichtig ist, daß an anderen Orten des Münsterlandes Eichen der Art *Quercus pedunculata* Ehrh. vorkommen, die noch später austreiben als die letzten meiner Kontrollbäume.

MÜNZBERG (noch unveröffentlicht) beobachtete in Westfalen zwei als spät treibend bekannte Bestände (HERTZ-KLEPTOW, 1949; SCHWERDTFEGER, 1949), deren Bäume etwa drei Wochen nach dem für die anderen Eichen „normalen" Termin austrieben. Diese extremen Spättreiber wurden nach ihrem mutmaßlichen Herkunftsland als „Slavonische Eichen" bezeichnet. Vielleicht entsprechen sie der Form, die aus dem europäischen Rußland als *Quercus pedunculata var. tardiflora* beschrieben wurde und im Durchschnitt 1—3 Wochen später austreiben soll als die *var. praecox* (KURDIANI und ILJINSKIJ, 1915; EN 'KOVA, 1950).

Die im Münsterland stehenden extremen Spättreiber*) wurden in den letzten Jahren nicht vom Eichenwickler befallen. Aus der UdSSR liegen keine diesbezüglichen Angaben vor.

c) Im Rahmen dieser Untersuchungen war von entscheidender Bedeutung, in welchem Maße die Eichen auf den vier Kontrollflächen aus Früh-, Mittel- und Spättreibern zusammengesetzt waren. Zunächst konnte die Verteilung der Austriebstypen nach den jeweilig zehn Kontrollbäumen einer Fläche ermittelt und dargestellt werden.

Tabelle 9. Verteilung der Kontrollbäume nach den vier Austriebsgruppen

Austriebsgruppe:		F	M_1	M_2	S
Datum der Knospenlockerung 1952 (Mittelwert):		12. 4.	15. 4.	18. 4.	24. 4.
Kontrollfläche:	A	3	2	3	2
	B	3	3	3	1
	C	3	4	3	—
	D	1	1	1	7

Zeichenerklärung: F = Frühtreiber; M_1 = Mitteltreiber, zum Frühtreiber tendierend; M_2 = Mitteltreiber, zum Spättreiber tendierend; S = Spättreiber.

Die Eichen der Kontrollfläche A ließen keinen Vorrang einer bestimmten Austriebsgruppe erkennen. In B und C waren die Kontrollbäume im wesentlichen aus Früh- und Mitteltreibern zusammengesetzt. Dagegen waren in D von 10 Eichen 7 Exemplare Spättreiber. Es mußte überprüft werden, ob diese Verteilung nach Austriebsgruppen zufällig oder tatsächlich für die jeweils gesamte Kontrollfläche typisch war.

Im Jahre 1953 war in allen Beständen die Populationsdichte des Eichenwicklers so niedrig, daß die Laubentwicklung nur unwesentlich durch den Fraß gestört worden war. Dadurch wurde es möglich, die Zusammensetzung aus Früh-, Mittel- und Spättreibern auf breiterer Basis zu ermitteln. In allen vier Kontrollflächen wurde an einem und demselben Tage die Laubentwicklung von je 200 Eichen abgeschätzt.

Die Ergebnisse sind in Abb. 18 dargestellt, in der auf der Abszisse die Laubentwicklung in Prozent der vollen Belaubung und auf der Ordinate der prozentuale Anteil der Eichen der jeweiligen Entwicklungsstufe ein-

*) Nähere Angaben s. H. HESMER: Die Späteiche in Westfalen und im Rheinland. — Forstarchiv 26, 197—203, 1955.

getragen ist. Die Kontrollfläche A ist am gleichmäßigsten aus Früh-, Mittel- und Spättreibern zusammengesetzt, während in B und C die zu 50—80% belaubten Bäume (Früh- und Mitteltreiber) und in D die zu 30—50% belaubten Eichen (Mittel- bis Spättreiber) weit hervortreten.

Die grundsätzlich gleichen Ergebnisse aus Tabelle 9 und Abb. 18 haben somit gezeigt, daß die Verteilung der Eichen nach Austriebsgruppen in den einzelnen Kontrollflächen unterschiedlich (B und C annähernd gleich) und jeweils typisch ist.

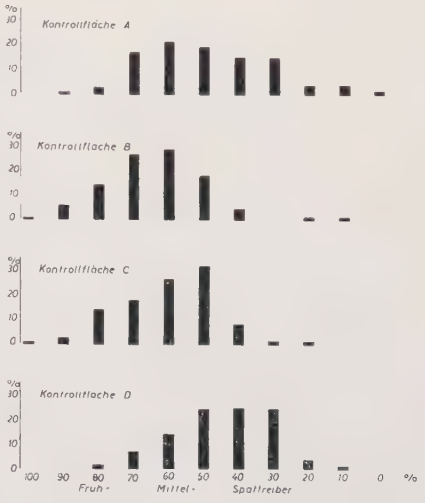


Abb. 18. Zusammensetzung der Kontrollflächen aus Früh-, Mittel- und Spättreibern (nach Bestimmung der Laubentwicklung von je 200 Eichen). Abszisse = Prozentsatz der Laubentwicklung (100% = vollbelaubt). Ordinate = Prozentualer Anteil der Eichen der jeweiligen Entwicklungsstufe (bezogen auf die je Bestand kontrollierten 200 Eichen)

Zu 4. Die Variationsbreite der beiden Komponenten

Im Jahre 1952 waren nach den auf S. 24 angeführten Ergebnissen in der Zeit vom 13. bis 17. 4. die meisten und bis zum 19. 4. alle Raupen geschlüpft. Dagegen hatten die Eichenknospen die für die Raupen optimale 4. Entwicklungsphase in den Tagen vom 11. 4. bis zum 30. 4. erreicht (S. 25). Der letzte Spättreiber hatte also erst 11 Tage nach dem letzten ermittelten Schlüpftag seine Knospen gelockert. Es war zu überprüfen, ob die Eiraupen diese Zeitspanne ohne Nahrung überdauern konnten.

Einen ungefähren Anhaltspunkt über die Lebensdauer hungernder Eiraupen des Wicklers gab eine Versuchsreihe des Jahres 1952.

Es wurden jeweils 20 Eiraupen, die in den vorhergegangenen 24 Stunden geschlüpft waren, in Celluloidbehältern verschiedenen Bedingungen ausgesetzt. Die Behälter standen teils an der schattigen und kühleren Nordseite eines Hauses, teils an der Südseite entweder im direkten Sonnenlicht oder im Schatten. Die Temperaturextreme wurden durch aufgestellte Minimum-Maximum-Thermometer gemessen.

In einem Temperaturbereich von —3° bis +10,5° betrug die maximale Lebensdauer der hungernden Raupen 10—13 Tage, bei einem Wechsel zwischen 11° und 33° nur 3 Tage. Die maximale Lebensdauer der von der Sonne beschienenen Raupen wurde im Durchschnitt mit 2 Tagen ermittelt.

Diese Ergebnisse gestatteten nicht unbedingt einen Rückschluß auf die Lebensdauer hungernder Eiraupen im Bestande, aber sie gaben doch — im Vergleich zu den dort auftretenden Temperaturen — einen ungefähren Anhalt. Es konnten zwar nur die Unterlagen der Wetterstation Münster verwendet werden, aber für eine überschlagsmäßige Berechnung dürften diese Angaben genügen. Die in Münster in der Zeit vom 10. 4. bis zum 30. 4. 1952 gemessenen Temperaturen (Minimum: +3°; Mittel: 10,5°; Maximum: 22°) lagen zwischen den in den Versuchen eingehaltenen Berei-

chen. Die Lebensdauer der hungernden Raupen dürfte daher im Bestande ebenfalls zwischen den im Versuch beobachteten Werten gelegen haben; sie kann auf etwa 7 Tage geschätzt werden. Nach dieser Berechnung hätten dann die letzten Spättreiber erst 4 Tage nach dem Absterben auch der letzten Eiraupen ihre Knospen gelockert. Wahrscheinlich sind aber auch noch die etwas früher treibenden Bäume weniger befallen gewesen, da einmal die meisten Raupen schon zwei Tage eher abgestorben waren und zweitens die Raupen im Freiland, wenn sie keine geeigneten Knospen finden, leicht von den Eichen abwandern. Solche Tiere dürften nur zu einem geringen Prozentsatz an anderen Bäumen zusagende Knospen gefunden haben.

Es war also zu erwarten, daß im Jahre 1952 die an den ausgesprochenen Spättreibern geschlüpften Eiraupen bis zum Aufbrechen der Knospen dieser Bäume zum größten Teil verhungert oder abgewandert waren.

Eine ähnliche Berechnung über Koinzidenz oder Inkoinzidenz der Eiraupen mit den zusagenden Knospen der Eichen unterschiedlicher Austriebstypen konnte für die Jahre 1951 und 1953 nicht angestellt werden, da die genauen Schlüpfdaten der Eiraupen nicht bekannt waren. An Hand anderer Untersuchungen, in denen die Folgen der Koinzidenz oder Inkoinzidenz auf die Populationsdichte erfaßt wurden, war es aber möglich, auch für diese Jahre die Austriebsgruppen zu benennen, deren Vertreter stärker oder schwächer vom Wickler befallen waren, deren Knospen sich also an einem für die Eiräupchen günstigen oder ungünstigen Zeitpunkt entfaltet haben mußten (s. den folgenden Abschnitt).

Zu 5. Die Koinzidenz in den Jahren 1951 bis 1953

Aus den vorstehend mitgeteilten Beobachtungen konnte gefolgert werden, daß im Jahre 1952 die Populationsdichte des Eichenwicklers an spät treibenden Eichen durch Inkoinzidenz reduziert, an früh treibenden Eichen dagegen durch diesen Faktor nicht beeinflußt wurde. Umgekehrt bestand also auch in gewissem Grade[17]) die Möglichkeit, aus der Höhe der Mortalität der Eiraupen an den verschiedenen Austriebsgruppen der Eichen darauf zu schließen, welche Gruppe (Früh-, Mittel- oder Spättreiber) jeweils ihre Knospen zur Eiraupenzeit gelockert hatte, anders ausgedrückt: mit welcher Gruppe Koinzidenz bestanden hatte und mit welcher nicht. Diese Zusammenhänge konnten für die Jahre 1951—1953 in folgender Weise aufgedeckt werden:

a) Das Verhältnis der Anzahl von Jungraupen, die in die Knospen eines Baumes eingedrungen waren, zur Zahl der ursprünglich vorhandenen Eier mußte bei vollständiger Koinzidenz gleich 100%, bei vollständiger Inkoinzidenz gleich 0 sein. Diese Relation wird weiterhin als (zeitliche) „D i s p o s i t i o n“ bezeichnet.

In den Abb. 19—21 (1951—1953) sind auf den Abszissen vom Nullpunkt aus die Kontrollbäume, zu je vieren zusammengefaßt, in der Reihenfolge ihres Austreibens, auf den Ordinaten die zugehörigen Werte der

[17]) Über die Bedeutung anderer, diese Abhängigkeit möglicherweise störender Mortalitätsfaktoren in diesem Stadium s. Teil II Kap. 3.

Disposition aufgetragen. Die Disposition der Spättreiber war 1951 ausgesprochen hoch, 1952 dagegen ausgesprochen niedrig. Umgekehrt war der relative Anteil der zur Entwicklung gelangten Eiraupen an den Früh- und Mitteltreibern 1951 gering und 1952 hoch. Im Jahre 1953 wurden keine wesentlichen Unterschiede der Disposition zwischen Früh- und Spättreibern festgestellt; die Koinzidenz dürfte an allen Eichen etwa gleich gewesen sein.

Die Populationsdichte des Wicklers war 1953 allgemein so gering, daß keine sicheren Unterlagen erhalten werden konnten. Nach meinen Beobachtungen scheint der Variationsbereich der Schlüpfzeit, bedingt durch den Witterungsablauf, in diesem Jahre besonders breit gewesen zu sein.

Abb. 19: 1951

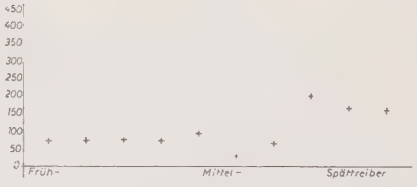


Abb. 22: 1951

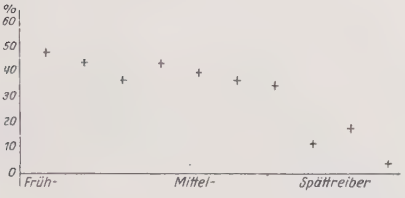


Abb. 20: 1952

Abb. 23: 1952

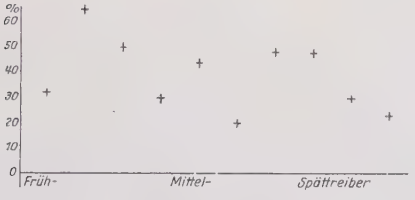


Abb. 21: 1953

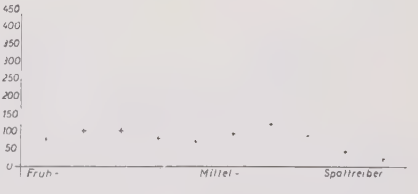


Abb. 24: 1953

Abb. 19, 20 und 21. Disposition in Beziehung zur Austriebsreihenfolge. Abszisse = Austriebsreihenfolge (Früh - - - Spättreiber, vier Eichen zusammengefaßt). Ordinate = Disposition (Erklärung im Text, S. 28)

Abb. 22, 23 und 24. Anzahl der älteren Raupen im Verhältnis zur Austriebsreihenfolge. Abszisse = Austriebsreihenfolge (Früh- - - Spättreiber, vier Eichen zusammengefaßt). Ordinate = Anzahl der Raupen pro „qm-Säule" (1951: Anzahl der Puppen pro „qm-Säule"; Erklärung s. Teil II Untersuchungen ab 29. V.)

b) Wenn die Populationsdichte der Eier bzw. der Eiraupen im großen und ganzen an allen Eichen gleich und genügend hoch war, so mußte der Einfluß der Inkoinzidenz auch an den absoluten Werten der Populationsdichte (Abundanz) der späteren Stadien zu erkennen sein. Obschon eine solche Voraussetzung in Wirklichkeit nicht restlos gegeben war, konnte die „Lage" der Koinzidenz doch auch an Hand dieser Zahlen festgestellt werden. In den Abb. 22—24 sind die auf die qm-Säule berechneten Zahlen der in Knospen eingedrungenen Eiraupen in Beziehung zur Austriebsreihenfolge

der Kontrollbäume gesetzt. Die Darstellungen zeigen gleichfalls ein deutliches Absinken der Abundanz der Eiraupen als Indikator für die Inkoinzidenz: 1951 für Früh- und Mitteltreiber, 1952 für Spättreiber; 1953 war auch hier eine deutliche Einwirkung der Inkoinzidenz nicht zu erkennen.

c) Der Einfluß der Inkoinzidenz auf die Individuendichte des Wicklers mußte bei hinreichender Höhe der Ausgangspopulation endlich an der Stärke des Schadfraßes zu erkennen sein. In den Abb. 25 und 26 (1951 und

Abb. 25: 1951

Abb. 26: 1952

Abb. 25 und 26. Beziehung zwischen Fraßschäden und Austrieb. Abszisse = Austriebsreihenfolge (Früh- - - Spättreiber, vier Eichen zusammen gefaßt). Ordinate = Fraßschäden in Prozenten der vollen Belaubung (= 100%)

1952) ist jeweils auf der Ordinate der Fraßschaden der wiederum nach Vierergruppen in der Austriebsreihenfolge geordneten Kontrollbäume in Prozent der vollen Belaubung angegeben. Im Jahre 1951 zeigten die Spättreiber, im Jahre 1952 die Früh- und Mitteltreiber die stärksten Fraßschäden (Reziproke der Restbelaubung). Auch dieses Ergebnis entspricht den unter a) und b) mitgeteilten Befunden. Für 1953 konnte die gesuchte Beziehung nicht nachgewiesen werden, da die Populationsdichte des Schädlings an den meisten Eichen zu gering und die Belaubung nicht oder kaum vermindert worden war.

Ein anschauliches Bild über die jährlichen Verschiebungen der Fraßschäden in ihrer Abhängigkeit von Koinzidenz und Inkoinzidenz gaben photographische Abbildungen der Kronen dreier einzeln stehender Eichen.

Diese drei in Distr. 88 (Everswinkel, s. Abb. 33, Teil II) stehenden und sich in ihren Austriebszeiten deutlich unterscheidenden Überhälter wurden in jedem Jahr (1951, 1952, 1953) nach Abschluß der Fraßperiode des Eichenwicklers photographiert[18]). Diese Aufnahmen erlaubten ein anschauliches Bild über den Wechsel in der Höhe des Fraßschadens, das genau den in a, b und c (vorstehend) dargestellten Ergebnissen entsprach; so zeigte z. B. der Spättreiber im Jahre 1951 den stärksten und 1952 den geringsten Fraßschaden, während 1953 kein wesentlicher Unterschied zwischen den drei Bäumen zu erkennen war.

Zu 6. Ursachen der Koinzidenzverschiebungen

Verlagerungen der Koinzidenz zwischen den Eiraupen des Wicklers und den Knospen der Eichen konnten durch endogene und exogene Faktoren bedingt sein. Die exogenen Faktoren konnten auf den Schädling, auf die Wirtspflanze oder auf beide zugleich einwirken.

Eine mögliche endogene Ursache soll hier nur andeutungsweise genannt werden: durch Herausspalten rezessiver, die Dauer der Eiruhe oder

[18]) Diese photographischen Aufnahmen befinden sich an der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt Abt. B (Göttingen) und können dort eingesehen werden.

die Temperaturschwelle des Schlüpfens modifizierender Erbanlagen könnten bei zeitweiligem Nachlassen des Selektionsdruckes Populationen mit genetisch verändertem mittleren Schlüpftermin entstehen.

In diesem Falle würden nicht nur rezessive v i t a l i t ä t s s e n k e n d e Erbanlagen (Näheres s. FRANZ, 1950) Einfluß auf die Populationsbewegung gewinnen können, sondern auch andere Faktoren, die die eigentliche Vitalität des einzelnen Individuums nicht notwendig beeinflussen.

Es ergaben sich jedoch keinerlei Hinweise, die auf eine Herausbildung solcher Populationen hätten schließen lassen.

E x o g e n e Faktoren, insbesondere Witterungseinflüsse, wurden von THALENHORST (1951) als Ursachen von Koinzidenzverlagerungen genannt. Er weist nach, daß z. B. die Entwicklungszeiten eines Wirts und seines Parasiten bei Veränderung der Temperatur zwar gleichsinnig, aber verschieden weit verschoben werden können. Das Gleiche kann sinngemäß für das Verhältnis zwischen Wirtspflanze und Schadinsekt gelten.

Der Zeitpunkt des L a u b a u s b r u c h s wird, soweit bekannt, durch Temperatur, Licht, Luftfeuchtigkeit und eventuell durch die Höhe des Grundwasserspiegels beeinflußt.

Diese Aussage basiert auf Untersuchungen über den Laubausbruch einiger Bäume, vorwiegend der Buche, von ENGLER (1911), ROHMEDER (1934), HUBER (1938), SCHUBERT (1941) und RODENWALD (1949).

Die Schlüpfzeit der Raupen[19]) dürfte nach allen einschlägigen Erfahrungen vorwiegend oder ausschließlich durch die Temperatur bestimmt werden. Eine Verlagerung der Koinzidenz zwischen Knospenlockerung der Eichen und Schlüpfen der Eiraupen konnte also durch alle diese Faktoren dann bedingt sein, wenn sie entweder nur auf eine Komponente oder auf beide in ungleichem Grade einwirkten.

Ein Einfluß des Grundwasserstandes auf die Verschiebungen der Koinzidenz konnte ausgeschieden werden, da in den Kontrollbeständen keine wesentlichen Schwankungen des Niveaus von Frühjahr zu Frühjahr festgestellt werden konnten.

Die übrigen Faktoren wurden 1952 zunächst in einer orientierenden Versuchsreihe auf ihre Einwirkung überprüft.

Zweige mit Eigelegen wurden einmal den unterschiedlichen Temperaturbedingungen eines geheizten (11—25°) und eines ungeheizten (4—9°) Zimmers ausgesetzt. Außerdem wurden die Versuchsobjekte unterschiedlichen Luftfeuchtigkeiten (60—80% und 100%) und unterschiedlicher Belichtung[20]) (12 und 15 Stunden) unterworfen. Zusätzlich wurde ein Teil der Zweige 2 bzw. 4 Minuten lang mit UV-Licht (Osram Ultra-Vita-Lux-Lampe GUR 31) bestrahlt.

Nach dem Ergebnis dieses Versuchs hatten die Unterschiede weder der Luftfeuchtigkeit noch der Belichtungsdauer noch der Art der Bestrahlung einen Einfluß auf den Zeitpunkt der Knospenlockerung oder des Schlüpfens der Eiraupen. Allein die Temperaturunterschiede machten sich darin bemerkbar, daß sich die Versuchsobjekte in dem geheizten Raum etwa drei Wochen eher entwickelten als in dem kälteren Zimmer. Eine Veränderung des I n t e r v a l l s, d. h. eine relative Verlagerung der beiden Fixpunkte

[19]) Streng genommen beeinflußt die Temperatur sowohl die D a u e r der Embryonalentwicklung als auch den Z e i t p u n k t des Schlüpfens, das nach Abschluß dieser Entwicklung bei Überschreiten einer bestimmten Temperaturschwelle ausgelöst wird. Nach meinen Beobachtungen scheint im vorliegenden Zusammenhange der erstgenannte Einfluß entscheidend gewesen zu sein.

[20]) Die Wärmestrahlung wurde dabei durch eine Ferrochloridlösung ausgeschaltet.

(Knospenlockerung und Schlüpfen der Raupen) zueinander konnte aber nicht sicher festgestellt werden.

Die Temperaturbedingungen dieser Versuchsreihe hatten allerdings den im Freiland auftretenden Verhältnissen mit ihren wesentlich größeren Temperaturunterschieden — Nachtfrösten und Sonneneinstrahlung — noch nicht entsprochen. Es war denkbar, daß erst solche Extreme einen Einfluß auf die Koinzidenz gewinnen konnten. Im folgenden Jahr wurde versucht, diese Frage zu klären.

Für die am 30. 1. 53 angesetzten Versuche wurden Zweige eines einzigen Baumes (aus Kontrollfläche A) benutzt. Ein Teil von ihnen wurde nach Entfernung der Eigelege gleichmäßig auf 16 mit Wasser gefüllte Standgefäße verteilt. Die übrigen, Gelege tragenden Zweige wurden in etwa fingerlange Stücke zerschnitten und in acht Celluloidzylinder gefüllt. Diese Zylinder (Höhe 20 cm, Durchmesser 9 cm) waren unten durch ein schwarzes Tuch verschlossen und oben an der Innenseite mit Leim bestrichen, durch den ein Abwandern der Raupen vermieden werden sollte. Zusätzlich wurden 36 Eichensämlinge (Herkunft: Baumschule Hanses-Koering, Sprakel/Westf.) in Töpfe eingepflanzt. Von ihnen wurden nur 16 unmittelbar zu den Versuchen verwendet; die übrigen Sämlinge dienten zur Ermittlung der Variationsbreite des Austreibens dieser Pflanzen.

Am 30. 1. 53 wurden in die acht Kammern eines Polythermostaten je zwei Töpfe mit Sämlingen, zwei Standgefäße mit Eichenzweigen (ohne Gelege) und ein Celluloidzylinder mit Gelegen gestellt. Da die Kammern des Thermostaten (bei einer Bodenfläche von 38×33 qcm) nur 31 cm hoch waren, mußten von den Sämlingen die Spitzen abgetrennt werden.

Innerhalb einer jeden Thermostatenkammer wurden Töpfe und Standgefäße täglich umgeordnet, um eine durch das Temperaturgefälle bedingte ungleichmäßige Einwirkung der Temperatur auszuschalten.

Abgesehen von dieser täglichen Umstellung, die in jedem Falle durchgeführt wurde, verblieben die Zweige, Sämlinge und Gelege zweier Teilversuche ständig in den gleichen Kammern. Die in den übrigen sechs Kammern befindlichen Objekte wurden teils zweimal, teils viermal täglich in andere Kammern umgesetzt und waren damit einem ständig wiederholten Temperaturwechsel unterworfen. Die für jede der acht Teilversuche gültigen Temperaturbedingungen (Durchschnittswerte) sind aus der Tabelle 10 zu ersehen.

Tabelle 10. Temperaturbedingungen der Teilversuche

Teilversuch Nr.	Temperatur und Einwirkungsdauer in Stunden					
	24	12	12	4	4	4
1		+ 21.0°		— 2.5°	+ 21.0°	— 2.5°
2		— 2.5°	+ 21.0°			
3	+ 25.0°					
4		+ 11.5°	+ 17.0°			
5	+ 15.0°					
6		+ 17.0°		+ 11.5°	+ 31.5°	+ 11.5°
7		+ 6.0°		+ 31.5°	+ 11.5°	+ 31.5°
8		+ 31.5°	+ 6.0°			

Tabelle 11. Temperaturschwankungen in den Thermostatenkammern

Kammer	Temperatur°		
	Mittel	Minimum	Maximum
A	— 2,5	— 5	4
B	6	4	12
C	11.5	10	15
D	15	14	18
E	17	16	20
F	21	14	24
G	25	21	28
H	31.5	27	34

Die Temperaturen der einzelnen Kammern unterlagen gewissen langfristigen, in ihrer Amplitude aber geringfügigen Schwankungen (s. Tabelle 11), die z. T. durch den Spielraum des Relais der Kühlanlage, z. T. durch Schwankungen der Zimmertemperatur bedingt waren. Eine weitere Störung ergab sich aus der Ver-

suchsanordnung insofern, als beim täglichen Umstellen der Sämlinge, Zweige und Gelege die aus dem Warmen kommenden Versuchsobjekte die Temperaturen der kalten Kammern erhöhten und umgekehrt. Die hieraus resultierenden Abweichungen der Temperatur waren zwar nicht gerade gering, hielten aber nur kurze Zeit an.

Die übrigen Versuchsbedingungen waren im wesentlichen gleich. Eine gleichmäßige Belichtung wurde dadurch erreicht, daß das Fenster des Versuchszimmers abgedunkelt wurde und die Deckenbeleuchtung ständig eingeschaltet blieb. An dem Beschlagen der Kammerwände war zu erkennen, daß die Luftfeuchtigkeit in allen Versuchsreihen etwa bei 100% lag.

Der Entwicklungsgrad der Knospen wurde nach der auf S. 21 angegebenen Skala bestimmt. Als „Endpunkt“[21]) der Knospenentwicklung wurde der Termin gewählt, an dem die ersten Knospen der Zweige oder der Sämlinge die dritte (= erste für das Eindringen der Eiraupen geeignete) Phase erreicht hatten. Als Endpunkt der Embryonalentwicklung galt der Tag, an dem alle Raupen geschlüpft waren.

Die Ergebnisse des Versuchs sind aus Tabelle 12 (im Vergleich zu Tabelle 10) abzulesen.

Tabelle 12. Ergebnis der Temperaturversuche (Erläuterung im Text)

Teilversuch Nr.	Datum der Knospenlockerung		Datum des Schlüpfens der Eiraupen	Differenz in Tagen		
	Zweige 1	Sämlinge 2	3	1—3	2—3	1—2
1			26. 2.			
2		24. 3.	13. 3.		11(±5)	
3	14. 2.	11. 2.	12. 2.	2	— 1 „	3
4	28. 2.	5. 3.	26. 2.	2	7 „	5
5	27. 2.	23. 2.	26. 2.	1	— 3 „	— 4
6	20. 2.	20. 2.	19. 2.	1	1 „	0
7	27. 2.	23. 2.	5. 3.	— 6	—10 „	4
8	20. 2.	18. 2.	.			2

Die Sämlinge, Zweige und Gelege des Teilversuchs 1 waren viermal täglich einem Wechsel zwischen sehr niedrigen (— 2,5°) und mäßig hohen Temperaturen (21°) ausgesetzt. Die Raupen schlüpften zwar, die Knospen der Zweige wie auch der Sämlinge starben jedoch ab.

Ein täglich zweimaliger Wechsel zwischen den gleichen Temperaturen (— 2,5° und 21°; Teilversuch 2) schädigte zwar die Knospen der Zweige, aber nicht die Knospen der Sämlinge. Die Raupen schlüpften 11 (± 5) Tage vor dem Zeitpunkt der Knospenlockerung[22]).

Bei der Auswertung mußte berücksichtigt werden, daß die Sämlinge — im Gegensatz zu den von einem einzigen Baum stammenden Zweigen — kein phänologisch einheitliches Material darstellten. An 20 unter gleichen Bedingungen gehaltenen Pflanzen wurde als maximale Abweichung der Austriebszeiten vom Mittelwert ein Zeitunterschied von vier Tagen festgestellt; im ungünstigsten Falle (unter den Versuchsbedingungen) dürfte diese Spanne 5 Tage betragen haben. Im Teilversuch 2 wären die Raupen dann immerhin noch mindestens 6 (statt 11) Tage vor dem mittleren Zeitpunkt der Knospenlockerung geschlüpft.

In den Teilversuchen 3—6, in denen bis auf eine Ausnahme (Nr. 6: vierstündige Erwärmung auf 31,5°) nur Temperaturen mittlerer Höhe auf

[21]) Im Sinne des Versuchs.

[22]) Die Sämlinge des Teilversuchs 2 waren vom 8. Tage nach dem Schlüpfen der Raupen an ständig bei 21° gehalten worden. Nach weiteren 2 Tagen hatten die ersten beiden Knospen die kritische Phase erreicht. Zwei Tage bei 21° dürften ungefähr 4 Tagen unter den Versuchsbedingungen (12 Stunden bei — 2,5° und 12 Stunden bei 21°) entsprochen haben. Auf Grund dessen wurde die gesamte Zeitspanne zwischen dem Schlüpfen der Raupen und dem Austreiben der Knospen auf 11 Tage beziffert.

die Versuchsobjekte eingewirkt hatten, wurde kein wesentlicher Unterschied zwischen den Zeitpunkten des Schlüpfens der Raupen und des Austreibens der Zweige festgestellt. Größere Differenzen der betreffenden Daten bestanden dagegen zwischen Eiraupen und Sämlingen. Sie dürften vorwiegend durch individuelle Abweichungen auf seiten der Sämlinge bedingt gewesen sein.

Die Objekte des Teilversuchs 7 waren täglich viermal einem Temperaturwechsel ausgesetzt. 8 Stunden lang wirkte eine extrem hohe Temperatur (31,5°) ein, während die Knospen und Gelege sonst bei mäßig niedrigen Temperaturen (6 und 11,5°) untergebracht waren. Die Raupen schlüpften 6 Tage nach der Knospenlockerung der Zweige und 10 Tage nach dem Austreiben der Sämlinge.

Im Teilversuch 8 wirkten Temperaturen von 31,5° und 6° je 12 Stunden lang ein. Hier entwickelten sich zwar die Knospen an Zweigen und Sämlingen, die Embryonen starben aber ab[23]).

Nach den Ergebnissen der Teilversuche 1 und 8 scheinen die letalen Temperaturgrenzen für Knospen und Eiraupen nicht gleich zu sein. Bei niedrigen Temperaturen (Mittel —2,5°, Minimum —5°) wurden die Eichenknospen schon, die Raupen noch nicht geschädigt. Hohe Temperaturen (31,5°, Maximum 40°) wurden zwar von den Knospen, nicht aber mehr von den Embryonen überstanden.

Dieser Befund stimmt mit der Beobachtung von WILD (1916) überein, daß Wicklerraupen in einem Falle nach zwei Frosttagen verhungerten, da die Knospen erfroren waren.

Nach dem Ergebnis dieses Versuchs scheinen in der Tat grundsätzlich die phänologischen Daten der Knospenentwicklung der Eichen einerseits und des Schlüpfens der Eiraupen andererseits durch unterschiedliche Kombination bestimmter Temperaturen und bestimmter Einwirkungszeiten gegeneinander verschoben werden zu können. Deutliche Verlagerungen haben sich allerdings nur unter extremen Verhältnissen (Teilversuche 2 und 7) gezeigt. Eine weiter ins einzelne gehende Auswertung, welche gestatten würde, einer bestimmten Kombination der genannten Elemente eine bestimmte Koinzidenzverschiebung zuzuordnen, ist vorderhand noch nicht möglich. Es sind ja mindestens drei effektive Variable (Temperaturminimum, Temperaturmaximum, Zeit) an diesem Zusammenspiel von Einwirkungen beteiligt, und die Lösung des hier nur angeschnittenen Problems hätte den Rahmen des gestellten Themas weit überschritten. So mußte es mit der grundsätzlich bejahenden Antwort auf die Frage, ob die Witterungsverhältnisse einen Einfluß auf die Koinzidenz zwischen Raupen und Knospen ausüben, vorläufig sein Bewenden haben. Die mitgeteilten Beobachtungen geben jedoch schon einen Hinweis darauf, wie weitere Versuche zur Klärung des Problems anzusetzen wären.

Einen gewissen Anhaltspunkt gibt höchstens noch die Tatsache, daß die für die Knospen bzw. für die Eier letalen Temperaturgrenzen (Minimum und Maximum; s. Teilversuche 1 und 8) voneinander abweichen; auch dieser Befund dürfte den Schluß zulassen, daß die Abhängigkeiten der Ent-

[23]) Es muß allerdings erwähnt werden, daß die Temperatur in Teilversuch 8 am 22. 2., also nach der Lockerung der Knospen, vorübergehend auf 40° angestiegen war (unbemerkte Verstellung des Regulators durch die Putzfrau). Außer den Eiern starben auch die offenbar besonders empfindlichen abgetrennten Zweige ab (s. auch Teilversuch 2).

wicklung beider Partner von der Temperatur sich nicht vollständig miteinander decken.

Der Versuch, auf Grund der Ergebnisse des Experiments die in den Jahren 1951—1953 im Freiland beobachteten Koinzidenzunterschiede in Beziehung zum jeweiligen Witterungsverlauf zu bringen, mißlang. Auch hierzu müßte, abgesehen von der genauen Kenntnis der mikroklimatischen Verhältnisse, erst die experimentelle Klärung der Zusammenhänge vorausgesetzt werden.

Zu 7. Einfluß der Inkoinzidenz auf die Populationsbewegung des Eichenwicklers

Die Untersuchungen über die Inkoinzidenz zwischen Eiche und Wickler hatten gezeigt, daß die Eiraupen sich an den Bäumen eines bestimmten Austriebstyps in einem Jahr gut, in einem anderen Jahr dagegen nicht entwickeln konnten. Damit war aber weder erwiesen, daß die Eiraupen unter gegebenen Umständen auch im Freiland abgestorben waren (die Inkoinzidenz also als „echter" Mortalitätsfaktor aufgetreten war) noch, daß die Inkoinzidenz die Populationsbewegung des Wicklers im Bestande beeinflußte. Beide Fragen stehen in engem Zusammenhang miteinander.

Wie später gezeigt wird (Kap. V), wurde in jedem Jahr und auf jeder Kontrollfläche die Populationsdichte des Schädlings im Eiraupenstadium in mehr oder weniger hohem Grade reduziert. Da keine anderen Ursachen dieser Reduktion festzustellen waren, konnte gefolgert werden, daß die Sterblichkeit durch Inkoinzidenz bedingt war. Zudem waren die meisten, in einem Falle sogar „alle" in den Kronen „fehlenden" Raupen abgestorben auf Leimtafeln aufgefangen worden (s. S. 8). Somit konnte die Inkoinzidenz zwischen Eiche und Wickler als Mortalitätsfaktor angesehen werden.

Der mögliche Einfluß der Inkoinzidenz auf die Populationsbewegung des Eichenwicklers soll an einem fingierten Beispiel erläutert werden. Dazu wird vorausgesetzt:

a. Drei Eichenbestände sind (ceteris paribus) aus früh und spät treibenden Bäumen zusammengesetzt. Bestand 1 enthält nur Frühtreiber; Bestand 2 enthält nur Spättreiber; Bestand 3 enthält 50% Frühtreiber und 50% Spättreiber.
b. In zwei beliebigen Beispielsjahren besteht Koinzidenz einmal zwischen Eiraupen und Frühtreibern, das andere Mal zwischen Eiraupen und Spättreibern.
c. Die Ausgangspopulation der Eiraupen ist in jedem Bestand und in jedem Jahr gleich.

Unter diesen Voraussetzungen würden sich im ersten Jahr im Bestand 1 alle Raupen, im Bestand 2 keine und im Bestand 3 50% der ursprünglich vorhandenen Eiraupen weiter entwickeln können. Im anderen Jahr könnten die Eichen des 1. Bestandes nicht befallen werden, während sich im Bestand 2 alle Raupen entwickeln würden. Im Bestand 3 lägen die Verhältnisse ebenso wie im ersten Jahr, nur wären jeweils andere Bäume befallen.

Daraus erhellt, daß allein schon eine unterschiedliche Zusammensetzung der Bestände aus Früh- und Spättreibern und eine Verschiebung der Koinzidenzverhältnisse von Jahr zu Jahr örtliche und zeitliche Unterschiede der Populationsdichte des Wicklers hervorrufen können.

Auf Grund dieser Überlegung war zu erwarten, daß in der Kontrollfläche A, die relativ gleichmäßig aus Früh-, Mittel- und Spättreibern zusammengesetzt war (s. Abb. 18, S. 27), die Populationsdichte des Wicklers durch die Inkoinzidenz nur in geringem Maße und in aufeinanderfolgenden Jahren etwa gleichmäßig beeinflußt wurde. In den Kontrollflächen B und C waren vorwiegend Früh- und Mitteltreiber und in D vorwiegend Mittel- und Spättreiber vertreten. In diesen Beständen würde voraussichtlich bei unterschiedlicher Lage der Koinzidenz die Populationsdichte von *T. viridana* wechselnd stark — in B und C im Vergleich zu D jeweils gegenläufig — reduziert werden.

Wieweit diese Erwartungen zutrafen und wieweit nicht nur die intrazyklische Populationsbewegung, sondern auch der Massenwechsel des Wicklers durch die Inkoinzidenz beeinflußt wurde, wird in Kapitel V aufgezeigt werden.

Ende des 1. Teiles.

Aus dem Forstzoologischen Institut der Universität Göttingen

Boarmia bistortata Goeze als Lärchenschädling

Von

Erwin Schimitschek

Mit 16 Abbildungen

Im August 1954 übersandte Herr Oberförster Thurow vollwüchsige Raupen von *B. bistortata*[1]) aus dem Revier Schenefeld des Forstamtes Barlohe in Schleswig-Holstein. Die Raupen hatten an japanischer Lärche Lichtfraß verursacht. Dieser Umstand gab Veranlassung, sich etwas näher mit dem Spanner zu beschäftigen.

In der Bezeichnung und Trennung der beiden Arten *B. bistortata* Goeze[2]) und *B. crepuscularia* Hbn.[3]) herrscht einige Unklarheit. Nach Eugen Wehrli, der die Gattung *Boarmia* im Supplementband Seitz (1954) bearbeitet hat, ist *Boarmia bistortata* Goeze die „mehrbrütige", dagegen *B. crepuscularia* Hbn. die „einbrütige" in England auftretende Form. Wehrli, dem gewiß ein großes Material vorlag, betont, daß er kein einziges sicheres *crepuscularia*-Stück vom europäischen Kontinent sah. Es schien, man habe in dem Umstand, daß *B. bistortata* Goeze doppelte Generation hat, während *B. crepuscularia* Hbn. einfache Generation aufweist, eine sichere biologische Verschiedenheit der beiden Arten. Diese bisherige Ansicht kommt aber ins Wanken, da Barret (nach Wehrli) feststellte, daß auch *B. crepuscularia* Hbn. eine „partielle zweite Brut haben kann". In Dänemark hat *B. bistortata* Goeze einfache Generation (Hoffmeyer, nach Wehrli).

Urbahn (1939) stellt für Pommern fest, daß „bei Eizuchten aus Frühlings-Eigelegen die Puppen einen Teil der Falter schon im Sommer, vereinzelte Stücke im Herbst, die Mehrzahl aber im nächsten Frühjahr über einen längeren Zeitraum hinweg ergeben können".

Uffeln (1908) gibt für Westfalen den ersten Flug für März, den zweiten für Ende Juni/Juli/August an und bemerkt, daß in vielen Jahren noch eine, wenigstens teilweise, dritte Generation vorkommt.

Loibl (1937) gibt für die Umgebung Hamburg-Altona zwei Generationen an.

[1]) Für die Überprüfung der Bestimmung bin ich Herrn Dr. Leo Sheljuzhko, Zool. Sammlung des Bayrischen Staates, Entomol. Abtlg., zu Dank verpflichtet.

[2]) *Boarmia bistortata* Goeze (=*crepuscularia* aucl. plur; *B. crepuscularia* Rbl.? =*crepuscularia* Wolff nec. Hbn.).

[3]) *Boarmia crepuscularia* Hbn. (=sec. Mc. Donnough =*Tephrosia occiduaria* Guen., 1857, *B. signaria* Wkr. 1860, *Tephrosia spatiosaria* Wkr. 1860, *Tephr. intrataria* Wkr. 1860, *B. cineraria* Wkr. 1860, *Tephr. abraxaria* Wkr., *B. divisaria* Wkr., *B. fernaldaria* Hulst 1888, *Tephr. fumataria* Minot 1869) (= *bistortata* Rbl. = *bistortata* Sterneck et auct. nec. Goeze).

In Tirol treten (nach brieflicher Mitteilung von Herrn BURMANN) zwei bis drei Generationen auf, das häufigste Auftreten liegt bei 1000 m Höhe.

In unseren Zuchten von *B. bistortata* Goeze wurde sowohl im Insektarium wie im Labor nur eine teilweise doppelte Generation erhalten. Nur ein sehr geringer Anteil der Puppen von der ersten Generation ergab im Sommer den Falter und eine zweite Generation; dagegen trat im Freiland, in Schleswig-Holstein die erste Generation deutlich merkbar und die zweite Generation sehr auffallend in Erscheinung. In den Zuchten dürfte bei gleichem Ausgangsmaterial ein wesentlich größerer Anteil der Puppen überliegen als im Freiland.

Man darf wohl jenen Spezialisten, wie ALBERS und KLIMESCH, beipflichten, die *B. bistortata* Goeze und *B. crepuscularia* Hbn. als zwei verschiedene biologische Formen einer Art auffassen, deren Aufspaltung in England weiter fortgeschritten zu sein scheint als auf dem Kontinent.

Die erste Angabe über ein starkes Auftreten von *B. bistortata* macht BACHSTEIN (1878)[4]). Im Jahre 1876 war in der Dresdener Heide „stellenweise eine starke Zunahme der Art, verbunden mit Kahlfraß, zu bemerken". Der Kahlfraß umfaßte eine Fläche von einigen hundert Schritten im Geviert und „betraf in der Hauptsache Beerkräuter, Heidekraut sowie Laubbäume und Sträucher. Koniferen (Fichte, Tanne, Kiefer) wurden ebenfalls befressen, doch erlitten anscheinend nur jüngere Stämme ernstliche Beschädigungen." Wenigstens berichtet BACHSTEIN, daß das „niedere Nadelholz durch vergilbte Zweige ein krankhaftes Vegetieren verriet". Im übrigen scheint die Massenvermehrung nach Ablauf eines Jahres ihr natürliches Ende gefunden zu haben — angeblich infolge der Tätigkeit zahlreicher Puppenfeinde und Parasiten (cit. nach ZWÖLFER).

ZWÖLFER (1932) berichtete über eine stärkere Vermehrung von *B. crepuscularia* Schiff. = *bistortata* im Frühjahr und Sommer 1931 „in einigen Forstämtern des Mittelfränkischen Reichswaldgebietes, insbesondere im Forstamt Heideck". Der Puppenbesatz betrug 0,06 bis 0,4 je m^2 im Winter 1930/31. Im Sommer 1931 betrug er 20—30 Stück je m^2. Im Forstamtsbezirk Heideck wurde in den Kiefernbeständen die Beerenkrautdecke insgesamt in einem Umfang von ca. 10 ha kahlgefressen. Der Kahlfraß erfolgte nur platzweise. Da der Kahlfraß im Juni erfolgte, war ein Schaden an der Heidelbeerenernte nicht festzustellen. Die Preißelbeere wurde von den Raupen nicht befressen. Vereinzelt traten die Raupen auch an Kiefern auf, ohne Schaden zu verursachen.

Der erste Flug wickelte sich Anfang bis Mitte Mai ab. Verpuppung Ende Juni, Anfang Juli. Die zweite Generation fraß im Juli. Die Puppen der zweiten Generation überwintern.

Das Geschlechtsverhältnis betrug ♂♂ : ♀♀ = 2 : 1; dies entsprach einem relativen Sexualindex von 0,33.

Im Forstamt Pfroimd[5]) betrug das Geschlechtsverhältnis 4 : 3, der rel. Sexualindex 0,43. Im Gesamtdurchschnitt war das Geschlechtsverhältnis ♂♂ : ♀♀ = 3 : 2, also der rel. Sexualindex 0,4. Die relative Durchschnittszahl der Eier je ♀ betrug 290.

---

[4]) BACHSTEIN, A. *Boarmia crepuscularia* Hbn. Ent. Nachricht. Jahrg. IV, S. 78—79.

[5]) Geringer war das Auftreten von *B. bistortata* in den Forstämtern Selb und Arzberg in Oberfranken.

Das relative Vermehrungspotential (= Eidurchschnittszahl × Sexualindex) war nach Zwölfer: E = 116. (Das des Kiefernspanners ist nach Zwölfer: E = 40.) Das Vermehrungspotential von *B. bistortata* ist nach Zwölfer somit viel größer als jenes des Kiefernspanners.

Die Parasitierung betrug 54%. Es traten folgende Parasiten auf: *Ichneumon pachymerus* Htg. und *Ichneumon bilunulatus* Grav. Beide Arten sind wichtige Parasiten der Kieferneule und treten auch beim Kiefernspanner auf.

Prosoroff berichtet 1934 über das Auftreten von *Boarmia bistortata* als primären Tannenschädling. In westsibirischen Wäldern wurde zwischen dem 53. und 54. Grad nördlicher Breite und dem 94. und 96. Grad östlicher Länge die sibirische Tanne *(Abies sibirica)* außerordentlich stark befallen. Es handelte sich sowohl um reine Tannenbestände wie um Mischbestände von Tanne mit Fichte, Zirbe, Birke oder Aspe. Die Bestände hatten lockeren Schluß (0,7) III. Bonität und gehörten der 5. bis 6. Altersklasse an. Die Generation war einfach. Flug Ende Mai/Anfang Juni, Hauptfraß Juli. Bei schwachem Befall waren nur Sträucher und Unterwuchs, bei starkem Befall auch die Kronen der herrschenden und vorherrschenden Tannen befallen und von unten nach oben befressen. Die Gradation hatte 1932 ihren Höhepunkt. Der Puppenbelag betrug durchschnittlich 100 maximal über 800 je m^2. Das Parasitierungsprozent erreichte 52 und im Maximum 90. Die von *B. bistortata* befallenen Tannenbestände starben ziemlich rasch ab. Als Folgeschädlinge traten auf: *Monochamus rosenmuelleri* Ced., *Pityogenes chalcographus* L. und *Xyloterus lineatus* Oliv.

Schwerdtfeger berichtet 1944 über ein bemerkenswertes Auftreten des Beerkrautspanners im Forstamt Wiesau der Herrschaft Sagan in Schlesien im Jahre 1942 und 1943. Zuerst wurde das Blaubeerkraut bis auf die Blattrippen vernichtet, in der zweiten Hälfte Juli machte sich der Fraß in den Kiefernkronen bemerkbar. An der Kiefer wurde die alte Benadelung gefressen, während die Maitriebe verschont blieben. Der Falterflug erfolgte in der Zeit vom 10. bis 20. April, der Flug einer zweiten Generation im Juli wurde nicht festgestellt. Als Parasiten traten auf: *Ichneumon pachymerus* Htg., *Ichneumon nigritarius* Grav., *Plectocryptus arrogans* Grav., *I. bilunulatus* Grav. Hauptparasit war *Ichneumon pachymerus.*

Auch im Stadtforstamt Brand bei Rauscha, etwa 15 km südöstlich von Wiesau, wurden im März 1943 auffallend viel *B. bistortata*-Puppen festgestellt.

F. Groschke (1949) berichtete über ein Massenauftreten von *Boarmia bistortata* im Forstamt Weiden (Opf.). Im Sommer 1948 wurde auf einer Fläche von etwa 2000 ha die Heidelbeere von den bewußten Spannerraupen vollkommen kahlgefressen und in dem Kahlfraßgebiet auch Fichten- und Kiefernunterwuchs, ja z. T. sogar Altholz stark in Mitleidenschaft gezogen. Das Heidelbeergestrüpp und der niedrige Fichtenunterwuchs sahen wie rote Reiserbesen aus, gleichsam, als wäre ein Bodenfeuer darüber hinweggegangen. Die höheren Fichten waren in der Krone von unten und innen her aufgelichtet und erschienen braungrün und das Dach bildeten zu 20, teilweise 30% lichtgefressene, ohnehin schon etwas schüttere Kronen.

Von dem Heidelbeerkraut waren nicht allein die Blätter restlos abgefressen, sondern darüber hinaus auch noch die Knospen und die grüne

Rinde der Äste abgenagt, so daß die oberirdischen Teile der Pflanzen bereits abgestorben waren.

Dagegen war auch an völlig kahlgefressenen Fichten und Kiefern die Rinde unversehrt; an noch nicht ganz entnadelten Bäumen ließen sich neben den unberührten Nadeln teilweise zerfressene und längere oder kürzere Nadelstümpfe feststellen. Dafür, daß sie sich am Nadelholz nicht recht wohlfühlten, sprach außerdem die Tatsache, daß sie hier eine äußerst rege Spinntätigkeit entwickelt hatten. Bei späteren Zuchtversuchen zeigte sich jedenfalls, daß die Raupen immer, wenn sie mit Umweltbedingungen nicht zufrieden waren, stark zu spinnen begannen.

GROSCHKE berichtet, daß der Puppenbelag auf den frei mit Heidelbeeren bestandenen Flächen zwischen 30 und 60 Stück pro m^2 schwankte, unter kahlgefressenen unterdrückten Fichten bis zu 600 Stück, in einem Falle sogar bis 900 Stück pro m^2 anstieg. Schon GROSCHKE hat festgestellt, daß der bereits fertig entwickelte Falter in den Puppen den Winter überdauert.

Als Fraßpflanzen werden in der Literatur noch verschiedenste Holzarten angegeben. Als bevorzugte Fraßpflanzen sind folgende genannt:

Eiche (UFFELN, DAHM)
Erle (UFFELN, LOIBL, BURMANN)
Grauerle (HELLWEGER)
Faulbaum (UFFELN)
Hasel (UFFELN)
Wiesenraute, kleine *(Thalictrum flexuosum)* (HELLWEGER)
Eberesche (LOIBL)
Heidelbeere (LOIBL, GROSCHKE, ZWÖLFER, SCHWERDTFEGER)
Schlehe (DAHM und Mitarb.)
Weide (DAHM und Mitarb.)
Birke (DAHM und Mitarb., BURMANN)
Lärche (HELLWEGER, LAMPERT, BLASCHE).

ESCHERICH gibt bei *B. crepuscularia* Schiff an (III, 583): in erster Linie Laubholztiere.

Die deutschen Namen von *B. bistortata* Goeze[6]) weisen auf bevorzugte Fraßpflanzen hin. Die älteste deutsche Bezeichnung ist meines Wissens „Lärchenbaumspanner" (LAMPERT 1907), weiter „Beerenkrautspanner" (ZWÖLFER 1932), „Heidelbeerspanner" (GROSCHKE 1949), „Tannenspanner" (PROSOROW 1934), „Pflaumenspanner" (SORAUER, IV, 1955).

Jedenfalls weist die Bezeichnung „Lärchenbaumspanner" von LAMPERT auf das Vorkommen der Raupe auf der Lärche hin. Unterstützt wird dies weiter noch durch die Angaben von Sammlern wie HELLWEGER, der 1914 in seiner „Fauna von Nordtirol" (33. Jahresbericht des Fürstbischöflichen Privatgymnasiums) über *B. crepuscularia* unter anderem berichtet, daß die Raupe meist an Grauerle lebt und in den Telfeser Wiesen im Stubai an Lärchenstämmen gefunden wurde. Er bemerkt noch weiter, daß das Vorkommen von *Boarmia bistortata* Goeze „in unseren Lärchenwäldern sehr wahrscheinlich ist", gemeint sind die Tiroler Lärchenwälder. Nach BURMANN (mündliche Mitteilung) aber tritt *B. crepuscularia* Hbn. in allen

[6]) der deutsche Name von *Boarmia crepuscularia* Hb. ist Zackenstreifiger Baumspanner (LAMPERT 1907), Kleiner Baumspanner und Zwetschgenspanner (Sorauer, IV).

Lärchenbeständen Tirols in einer Generation bis 1900 m Höhe auf (Ötztal, Stubai, Telfes).

Daß Nadelhölzer auch angegangen werden könnnen, darüber berichtet Groschke, der allerdings der Auffassung ist, daß die Nadelhölzer Fichte und Kiefer kein geeignetes Futter für die Raupen bilden, und daß in unseren Breiten die Heidelbeere für sie die geeignete Futterpflanze darstellt. Dagegen wurde von Prosorow bereits ein Massenauftreten an der Tanne in Westsibirien geschildert.

Nun trat der Schädling auch in ausgedehnterem Maße an der Lärche auf. Im Jahre 1954 stellte Herr Oberförster Thurow im August im Revier Schenefeld des Forstamtes Barlohe in einem Lärchenbestand (Alter 25—28 Jahre) starken Raupenkotfall fest. Es handelte sich um Reinbestände japanischer Lärche.

Der Befall erstreckte sich auf die Abteilungen 182 bis 189 a des Reviers Schenefeld. Das Gesamtausmaß dieser Fläche beträgt 106 ha. Die reduzierte Befallsfläche betrug 10 ha.

Besonders stark war der Befall 1954 und durch die erste Generation 1955 an den Bestandesrändern, längs der Wirtschaftsstreifen, Schneisen und Wege, geringer im Inneren des Bestandes. Nur an den Bestandesrändern war Lichtfraß festzustellen. Dagegen hatte die zweite Generation 1955 umfangreichen Kahl- und Lichtfraß auch im Inneren der Bestände verursacht.

In dem genannten Revier handelt es sich bei dem Befallsort um eine zusammenhängende Fläche, die mit einer Monokultur von 25- bis 28jährigen japanischen Lärchen bestockt ist. Stellenweise sind einzelne Eichen eingesprengt, in einzelnen Beständen liegt eine reihenweise Mischung von Lärche mit Sitkafichte vor, wobei die Sitkafichte unterdrückt ist. Der Boden ist vollkommen von Beerkraut frei, er trägt eine etwa 2 cm starke Nadelstreudecke, auf der stellenweise starke Moospolster von *Dicranum undulatum* (säureliebend) und *Hylocomium Schreberi* (Anzeiger für acidophile, trockene Standorte) aufliegen. An grundwassernahen Stellen des welligen Geländes ist Pfeifengras, *Molinia coerulea* vorhanden.

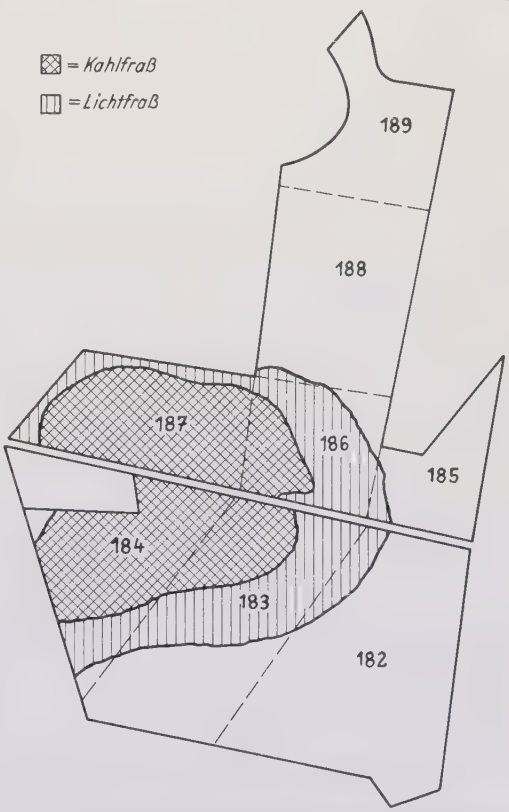


Abb. 1. Befallsgebiet durch *Gephaleia alpina* Klug. Fraßschaden Juli 1949 (nach Röhrig)

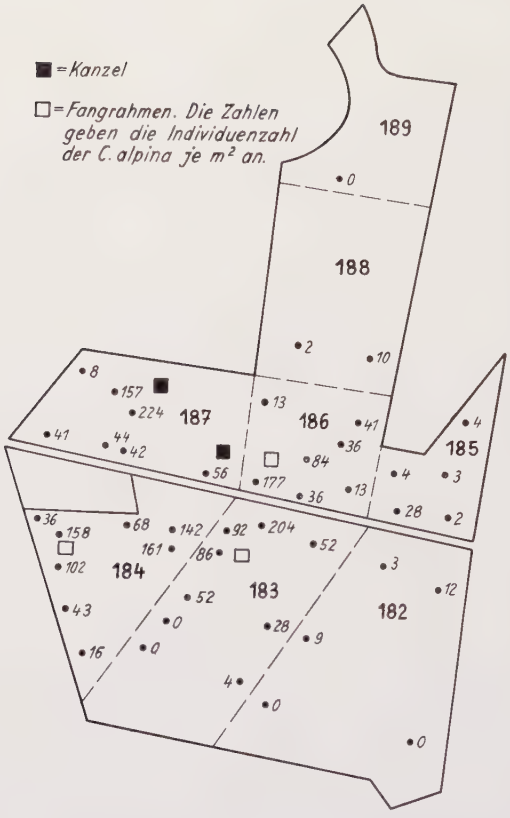


Abb. 2. Befallsgebiet von *Cephaleia Alpina* Klug. Probesuchen April bis Mai 1949 (nach Röhrig)

Das Gebiet wurde 1927 bis 1928 mit reiner japanischer Lärche aufgeforstet. Genaue Angaben finden sich bei RÖHRIG (1953), ebenso eine eingehende Beschreibung des Standortes, so daß hier darauf verzichtet werden kann.

Bisher hatten diese Lärchenbestände zwei Massenvermehrungen erlitten. 1937 einen starken Fraß durch *Lygaeonematus laricis* Htg. 1948, 1949 trat an den gleichen Beständen eine Massenvermehrung von *Cephaleia alpina* Klug. auf, über die RÖHRIG (1953) eingehend berichtet hat. Stark befallen waren die Abteilungen 187, 186, 184, 183, wenig befallen 182, 185, 188, dagegen wies 189 überhaupt keinen Befall auf (Abb. 1 und 2). Der Hauptfraß durch *B. bistortata* im Sommer 1955 erstreckte sich auch auf die Abt. 187, 186, 184, 183; geringere Fraßschäden wiesen die Abt. 188, 185, 182, gar keine die Abt. 189 auf (Abb. 3).

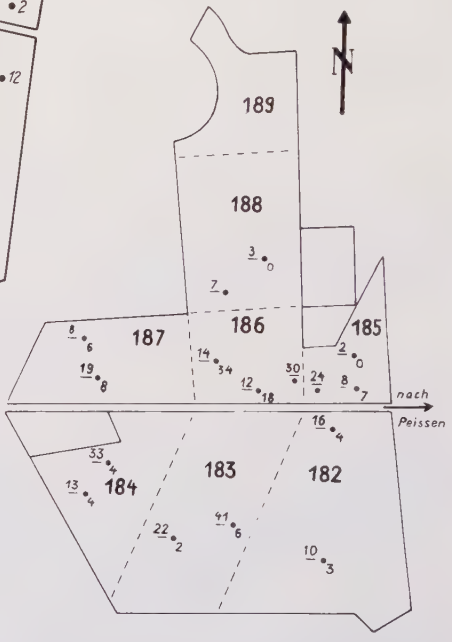


Abb. 3. Befallsgebiet von *Boarmia bistortata*. Puppensuchen am 25. und 26. März 1955. Die unterstrichenen Zahlen sind den Puppenzahlen von *B. bistortata* je 5 m², die nicht unterstrichenen Larvenzahlen von *Cephaleia alpina* auf je 5 m²

Bei dem Auftreten von *B. bistortata* war stärkerer Puppenbelag in den Abteilungen 183, 184, 186 a, 187, geringerer in den Abteilungen 182, 185 c, 188 a, gar keiner in 189 festzustellen (Abb. 3). Es ist somit ein ähnliches Bild wie bei dem Auftreten von *C. alpina*. Ursachen für den so unterschiedlichen Befall konnten weder bei dem Auftreten von *C. alpina* noch von *B. bistortata* eindeutig ermittelt werden.

Bei dem Sammeln von Puppen von *B. bistortata* wurden auch die Larven von *Cephaleia alpina* aufgesammelt, wobei im März und November

1955 sich die größten Puppenzahlen von *B. bistortata* und wieder die höchsten Larvenzahlen von *Cephaleia alpina* in den gleichen Abteilungen wie bei dem Probesuchen im April Mai 1949 ergaben (vergl. Abb. 2 und 3).

Jedenfalls müssen innerhalb der Lärchenfläche von 110 ha die Abteilungen 182 bis 187 eine besondere, wohl kleinklimatisch bedingte Disposition aufweisen, denn sie stellen einen Dauerherd für *Cephaleia alpina* dar, zu dem nun noch das starke Auftreten von *Boarmia bistortata* an Lärche hinzutritt.

Die durchgeführte Puppenkontrolle am 25./26. 3. 1955 ergab in den Abteilungen 182 bis 188 einen unterschiedlichen Puppenbelag. Im Mittel waren je m² 2,97 Puppen vorhanden. Der Puppenbelag war am Bestandesrand wesentlich stärker als im Bestandesinnern. Am Bestandesrand waren je m² im Mittel 3,88 Puppen vorhanden. Die Schwankung betrug 1,4 bis 8,2 Puppen je m². Dagegen waren im Bestandesinnern im Mittel je m² nur 2 Puppen vorhanden, die Schwankung je m² betrug 0,4—4,4 Puppen. Diese Puppenzahlen beziehen sich auf die Puppenkontrolle, die Ende März 1955 durchgeführt wurde.

Der Rückgang des Puppenbelages ist aus dem Vergleich mit dem Ergebnis der Puppensuche am 12. 11. 54 zu ersehen. Im Mittel waren in den gleichen Abteilungen je m² 6,50 Puppen vorhanden. Die Schwankung betrug 1,4 bis 12 Puppen je m².

Wesentlich höher lagen die Puppenzahlen im November 1955. In den Abteilungen 182 bis 187 betrug die mittlere Puppenzahl je m² 112,14. Die Schwankung betrug 63 bis 155 Puppen je m². Diese Zahlen entsprechen dem Eruptionsstadium.

Während des Winters ist eine ziemliche Dezimierung der Puppen und zwar durch Mäusefraß (teilweise auch durch Schwarzwild) besonders aber durch einen sehr starken Befall von *Isaria farinosa* zu verzeichnen gewesen. Stellenweise waren bis zu 90% der Puppen durch den Pilz vernichtet. Auf einer einzigen Stelle von etwa $^1/_2$ m² stellte man 11 verpilzte und nur 2 gesunde Puppen fest. Fruchtkörper des Pilzes waren am 26. März 1955 im Freiland bereits entwickelt.

Im Frühjahr 1956 konnte auch eine Bakteriose festgestellt werden (Abb. 4).

In der Zucht schlüpften aus den am 28. März 1955 eingezwingerten Puppen die Falter in der Zeit vom 28. März bis 9. April.

Die Kopula erfolgt meist ein bis zwei Tage nach dem Schlüpfen und dauert sehr lange an, so z. B. Beginn 30. 3. um 8.30 Uhr bis 31. 3. 18 Uhr.

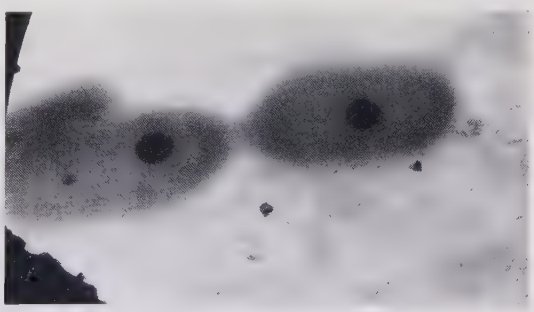


Abb. 4. Bakterien aus verjauchten Puppen von *Boarmia bistortata* (17000x). (Aufn. Doz. Dr. Jahn und Dr. Sitte)

Die erste Eiablage wurde am 2. April beobachtet. Die Eiablage erfolgt in mehreren Häufchen. So wurden von einem Weibchen 207 Eier in drei Eihäufchen abgelegt. Zur Eiablage wurden Lärchenabschnitte mit stärkerer Borke vorgelegt. Die Eier werden tief unter die Borkenschuppen geschoben

und in ein Gespinst abgelegt, das vom Weibchen mit dem Ovipositor verfertigt wird, wie schon GROSCHKE beschrieb. Am Stamm sind sie kaum wahrnehmbar. Äußerlich steht nur ein kleines Stückchen vom Gespinst hervor, mit dem die Eier teils bedeckt sind, teils finden sich die Gespinstfäden zwischen den Eiern (Abb. 5).

Abb. 5. *Boarmia bistortata G.* Teil eines Eigeleges. Nat. Größe eines Eies ~ 0,5 x 0,8 mm

Abb. 6 veranschaulicht eine Lärchenborke mit der Eiablage, von der nur ein kleiner Zipfel der Gespinstfäden seitlich einer Borkenschuppe hervorschaut.

Abb. 7 zeigt das gleiche Lärchenstück, die Borkenschuppen wurden entfernt, so daß die darunter befindlichen Eiablagen zur Gänze sichtbar sind.

Im Freilande wurden Ende April 1956 die Eiablagen untersucht. Die Eigelege fin-

Abb. 6. *Boarmia bistortata* Goeze. Eiablage unter Borkenschuppen an Lärche

Abb. 7. *Boarmia bistortata* Goeze. Eiablagen an Lärche; Borkenschuppen entfernt

det man am Stamm von 2 m Höhe über dem Boden bis etwa 6 m, meist bis 2 m unter dem Kronenansatz, mitunter auch noch in diesen hinaufreichend, vorwiegend aber in der Stammitte. Borkige Stämme werden zur Eiablage glattrindigen vorgezogen. An glattrindigen Stämmen werden die Eier in alte Astlöcher abgelegt. An einem Stamm (Brusthöhendurchmesser 8 cm) wurden 53, an einem anderen 60 Eiablagen gefunden.

Die Eier (Abb. 5 und 8) sind oval (0,5×0,8 mm). Die Farbe des frisch abgelegten Eies ist hellgrün. Im Laufe der Embryonalentwicklung wird die Farbe zunächst dunkler grün, das Ei zeigt auf der Oberseite einen ovalen Eindruck. Nach vollzogener Embryonalentwicklung erscheint das Ei dunkelblaugrau, das Eiräupchen scheint durch. Dauer der Embryonalentwicklung bei Zimmerzucht 7 bis 10 Tage.

Die Eiraupe ist schwarz mit weißen Zeichnungen (Abb. 8). Insgesamt wurden fünf Raupenstadien festgestellt. Die Kopfkapselgrößen (ausgenommen von Raupe II) sind in Abb. 9 vergleichsweise wiedergegeben.

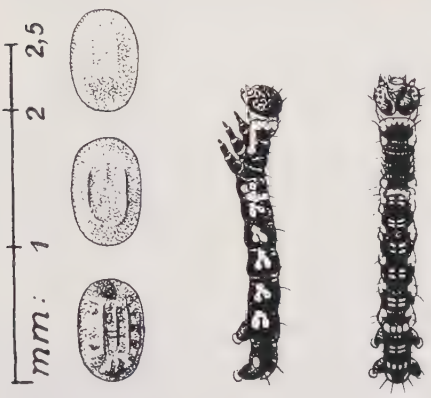


Abb. 8. *Boarmia bistortata* Goeze. Eier und Eiräupchen

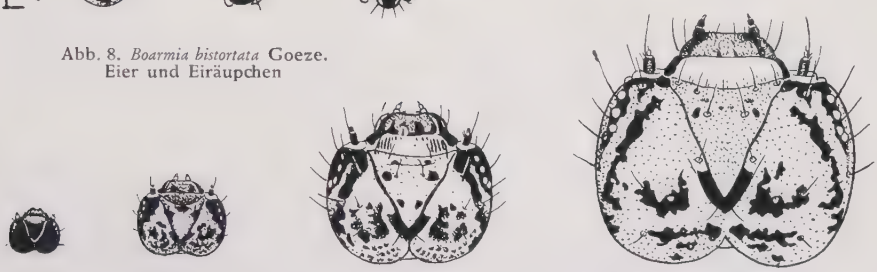


Abb. 9. *Boarmia bistortata* Goeze. Zeichnung und Größenverhältnisse der Kopfkapsel der Raupenstadien. I, III bis V. 16,5fach

Die vollwüchsige Raupe (Abb. 10) ist leicht kenntlich. Kennzeichnend ist das aufgetriebene dritte Segment. Die Puppe und der Cremaster (Abb. 11) wurden bereits von ZWÖLFER eingehend beschrieben. Es sei hier die ZWÖLFER'sche Beschreibung wiedergegeben:

„Cremaster ohne Häkchen, nur teilweise grob skulpturiert. Cremaster spitzkegel — bis walzenförmig; im letzteren Falle konisch verjüngt; ohne deutlichen Endgriffel, endwärts gegabelt, mit zwei Spitzen, teilweise parallel verlaufenden Gabelzinken, deren Enden zuweilen ventralwärts schwach eingebogen. Basalwärts Cremaster zu 1/3 bis 1/4 seiner Gesamtlänge runzlig skulpturiert; der übrige Teil einschl. Gabelzinken glatt. Puppenlänge 12—17 mm; Puppenfarbe: braun" (Abb. 11).

Die Puppen befinden sich nicht im Boden, sondern liegen sehr seicht in der, unter der Moosdecke befindlichen, unzersetzten dünnen Streuschicht von Lärchennadeln (Abb. 12). Dagegen liegen die Larven von *Cephaleia alpina* viel tiefer in der Erde, 5—10 cm tief. —

Die größte Puppenzahl (Herbst 1954, Frühjahr 1955) je m^2 lag im Prodromalstadium meist an den Bestandesrändern, neben den Einteilungs-

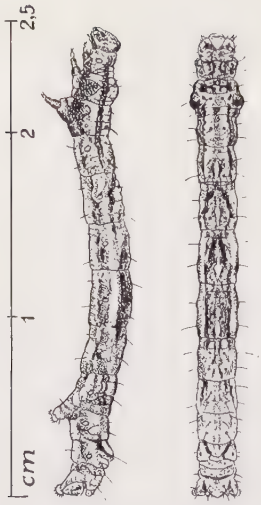


Abb. 10. *Boarmia bistortata* Goeze. Vollwüchsige Raupe

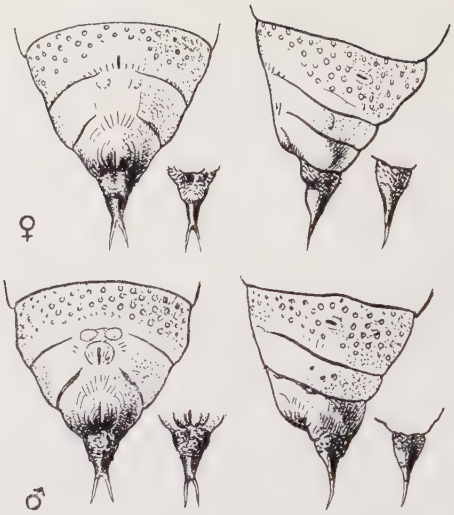


Abb. 11. *Boarmia bistortata* Goeze, Cremaster

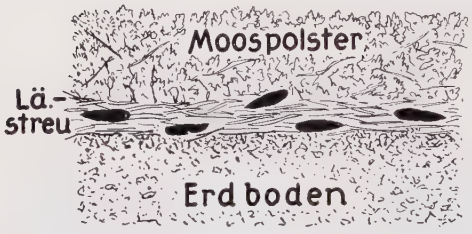


Abb. 12. Puppenlage von *Boarmia bistortata* Goeze

streifen (Wirtschaftsstreifen und Schneisen) vor, im Bestandesinnern wurde die Puppenzahl geringer (vgl. Abb. 3). Legt man bei der Puppensuche einen Probestreifen vom Bestandesrand aus senkrecht auf diesen, so findet sich die größte Puppenzahl auf dem ersten halben Quadratmeter neben dem Rand; in der Abt. 186 befanden sich im Probestreifen von 5 m² 30 Puppen, davon 12 auf den 1½ m² neben dem Bestandesrand. Im November 1955 betrug die größte Puppenzahl je m² (am Bestandesrand) 155.

Die Generation in der Zucht stellte sich folgendermaßen dar. Die im März im Freiland gesammelten Puppen ergaben die Falter Ende März—Anfang April. Die Raupen fraßen bei Zimmerzucht vom 8. April bis Ende April. Ende April (27. 4.) lagen die ersten Vorpuppen, am 1. Mai die ersten Puppen vor. Die Verpuppung erfolgte vom 1.—19. Mai. Aus diesen Puppen schlüpften in der Laborzucht lediglich vom 20. Mai bis 7. Juni 5 ♂ und vom 28. Mai bis 13. Juni 2 ♀, in der Zucht im Insektarium vom 12. 6. bis 16. 7. 3 ♂♂ und am 20. 6. 1♀, während die anderen Puppen überlagen, im Freiland ist der Anteil der überliegenden geringer.

Die Generationsverhältnisse im Revier Schenefeld konnten 1954 nicht mehr verfolgt werden. Der Raupenfraß der zweiten Generation hat sich im August 1954 abgewickelt.

Im Jahre 1955 erfolgte der Beginn des Falterfluges im Frühjahr am 4. Juni, wohl durch die ungünstige Witterung des Frühjahres 1955 so verspätet, denn die im März gesammelten Puppen ergaben in der Zucht in der Zeit vom 30. 3. bis 7. 4. die Falter. Der Raupenfraß durch die erste Generation war unbedeutend und Mitte Juli beendet. Ende Juli war die Ver-

puppung der ersten Generation abgeschlossen. Ende August 1955 war bereits starker Raupenfraß zu verzeichnen. Die Intensität des Fraßes steigerte sich bis Mitte September immer mehr. Insgesamt waren Mitte September 1955 12 ha kahlgefressen, etwa 9 ha wiesen Lichtfraß auf. Die Fraßfläche hatte eine ähnliche Lage wie die seinerzeit durch *C. alpina* verursachte (Abb. 1 u. 3). Am 13. September waren etwa 40% der zweiten Generation bereits verpuppt. Der Fraß hatte nun auch auf unterdrückte Sitkafichten und Kiefer, sowie auch Faulbaum, Birke und Eiche übergegriffen.

Im Jahre 1956 wurde stärkerer Falterflug am 26. April beobachtet, doch dürfte er bereits früher nach dem 18. 4. eingesetzt haben. Wie den Aufzeichnungen der meteorologischen Stationen St. Michaelsdonn und Heide zu entnehmen ist, trat mit 18. 4. wärmere Witterung ein. Die Tagestemperaturmaxima lagen nun bis Ende April vorwiegend zwischen 9,2 und 15° C, die Tagestemperaturmittel vorwiegend zwischen 4,9 und 9° C.

Der Raupenfraß an der Lärche.

Der Fraß beginnt stets zuerst an den untersten Ästen. Die Jungräupchen beschaben zunächst stellenweise die Nadeln, besonders die Kurztriebnadeln der Lärche. Raupe II frißt die Nadeln an, wobei reichlich Nadelabbisse auftreten, die Nadeln werden durchbissen, und die Spitzenhälfte fällt ab. Raupe III und IV fressen die Nadeln gänzlich ab, so daß die Kurztriebe entnadelt werden (Abb. 13, 14).

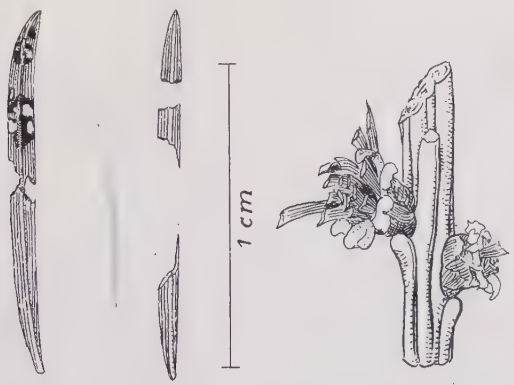


Abb. 13. *Boarmia bistortata* Goeze. Raupenfraß an Lärche. Links: Fraß durch das 1. Raupenstadium an Lärchennadel. Mitte: Fraß durch das 2. Raupenstadium. Rechts: Fraß des 3. Raupenstadiums an Lärchenkurztriebnadeln

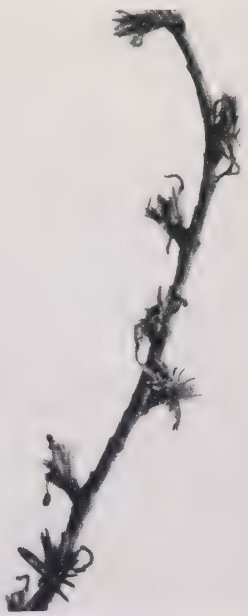


Abb. 14. *Boarmia bistortata* Goeze. Jungräupchen an Lärchen-Kurz-Trieben

Im Bestand werden im Prodromalstadium deutlich die Lärchen an den Bestandesrändern längs der Wege und Schneisen bevorzugt; an diesen tritt Lichtfraß auf. Nach dem Bestandesinnern zu werden Bevölkerungsdichte und Fraßschäden geringer. Bei großer Bevölkerungsdichte tritt Kahlfraß und Lichtfraß auch im Bestandesinnern auf.

Es ist auffallend, daß Bevölkerungsdichte und Fraßschäden der ersten Generation sowohl 1954 wie 1955 wesentlich geringer waren als jene der

Abb. 15. *Boarmia bistortata Goeze.* Schwerer Fraß an Lärche 13. 9. 1955. (Aufnahme v. Scheller)

zweiten Generation. So waren die Fraßschäden durch die zweite Generation 1954 merklich, durch die erste Generation 1955 unbedeutend, durch die zweite Generation 1955 aber erfolgte umfangreicher Kahl- und Lichtfraß (Abb. 15, 16).

Es wäre eine Steigerung der Fraßschäden von Generation zu Generation zu erwarten. Die geringe Bevölkerungsdichte der ersten Generation 1955 ist auf die starke Verpilzung der Puppen im Winterlager zurückzuführen, die bei den Sommerpuppen unbedeutend ist. Es erfolgt hier eine erhebliche Dezimierung im Winter. Ferner hat das Überliegen Einfluß auf die Bevölkerungsdichte. Vielfach wird die Populationsdichte aufeinanderfolgender Generationen nicht nur aus den Nachkommen der letzten Generation, sondern auch aus überliegenden Puppen zusammengesetzt. Die Frage des Überliegens bei *B. bistortata* bedürfte einer eingehenden Untersuchung.

Der biotische Umweltswiderstand im Untersuchungsgebiete setzt sich aus Parasiten, Pilzen und Räubern zusammen.

Die größte Bedeutung als Vernichtungsfaktor hatte der Pilz *Isaria farinosa* und am Ausgang des Winters 1955/56 auch eine Bakteriose (vgl. Abb. 4). Die Aufzucht von 300 am 25. und 26. März 1955 eingesammelten und am 28. März eingezwingerten Puppen ergab:

75 gesunde ♂♂ Falter,*)
71 gesunde ♀♀ Falter,
13 Ichneumoniden,
126 Puppen durch *Isaria* abgetötet,
15 aus unbekannten Gründen abgestorben.

Die Aufzucht von am 5. und 6. August eingesammelten 138 Puppen ergab:

49 gesunde Puppen und
89 parasitierte Puppen.

Die Ichneumoniden, die vom 10. August bis 2. September schlüpften, treten demnach bei der zweiten Generation viel mehr in Erscheinung.

*) Das Geschlechtsverhältnis vom Frühjahr 1956 war: ♂♂ : ♀♀ = 59 : 41.

Abb. 16. Kahlfraß durch *Boarmia bistortata* Goeze an Lärche. 13.9.1955 (Aufnahme v. Scheller)

Als Parasiten traten auf:

Ichneumon nigritarius Grv.
Ichneumon pachymerus Htg.
Ichneumon (Stenichneumon) locutor Thbg.
Blaptocampus nigricornis Wesm.
Pimpla instigator Fab.

Am häufigsten war *I. nigritarius* in beiden Generationen, an 2. Stelle stand *I. pachymerus* ebenfalls in beiden Generationen, während *B. nigricornis* nur aus der 2. Generation erhalten wurde.

An Parasiten von *B. bistortata* und *B. crepuscularia* sind bisher bekannt:

aus *B. bistortata:*

Diptera
Phryxe vulgaris Fall. (Europa. Wirtskatal. FULMEK)

Braconidae
Zele discolor Wesm. (Katalog FULMEK. Belg. Brit. Germ. Succ.)

Ichneumonidae
Trichomma enecator Rossi (Kat. FULMEK. Brit.)
Ichneumon pachymerus Htg. (ZWÖLFER, SCHWERDTFEGER)
Ichneumon bilunulatus Grav. (ZWÖLFER, SCHWERDTFEGER)
Ichneumon nigritarius Grav. (SCHWERDTFEGER)
Plectocryptus arrogans Grav. (SCHWERDTFEGER)

aus *B. crepuscularia* Hb. nach dem Weltwirte-Parasitenindex von FULMEK:
Aphanistes ruficornis Grv. (Germ.)
Ichneumon bilunulatus Grv. (Germ.)
Ichneumon nigritarius Grv. (Germ. Ung.)
Ichneumon pachymerus Htg. (Germ.)
Metopius fuscipennis Wesm. (Austr. Germ.)
Plectocryptus arrogans Grv. (Germ.).

Parasitierungsversuche mit *Ichneumon nigritarius* verliefen in der Zucht erfolgreich (*I. nigritarius* ♂♀ wurden am 2. Mai 1955 mit 28 halb- und dreiviertelwüchsigen Raupen zusammengebracht), sie ergaben in der Zeit vom 7. Juni bis 20. Juli die Nachkommen des Parasiten. Die kürzeste Entwicklungszeit betrug 35 Tage.

Räuber: Eine wesentliche räuberische Tätigkeit von Ameisen konnte nicht festgestellt werden. Größer ist nach Beobachtungen des H. Forstass. v. Scheller die Bedeutung von Meisen und Drosseln, wahrscheinlich auch Staren und Buchfinken durch Vertilgen von Faltern.

Die Untersuchungen konnten durch die dankenswerte Unterstützung des Nieders. Ministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, sowie der Forstverwaltungen der Länder Nordrhein-Westfalen und Schleswig-Holstein durchgeführt werden. Meinen besonderen Dank möchte ich auch Herrn Hofrat Dr. FULMEK, Wien, für die Bestimmung der Parasiten und für die Angaben aus seinem leider noch unveröffentlichten Weltwirte-Parasitenindex sagen.

Summary

An outbreak of *Boarmia bistortata* which commenced in 1954 in the Japanese larch growing area of Schleswig-Holstein led, in 1955 and 1956, to complete defoliation of a 25—28 year old larch plantation. The outbreak occurred in the same compartments as that of *Cephaleia alpina* in 1948 and 1949, where there was previously great damage in 1937 due to *Lygaeonematus laricis*. The type of egg-laying on larch as well as the larva and pupa are described, also the relations of the generations to each other and the larval feeding on larch. The following occurred as parasites:

Ichneumon nigritarius Grav.,
Ichneumon pachymerus Htg.,
Ichneumon (Stenichneumon) locutor Thbg.,
Blaptocampus nigricornis Wesm.
Pimpla instigator Fab.

In the winter resting place (soil), there was a considerable loss of pupae due to *Isaria farinosa*. A bacterial disease was also found.

Literaturverzeichnis

DAHM: „Die Großschmetterlinge des linken Niederrheins", 1930.
GROSCHKE, F.: „Der Heidelbeerspanner, ein neuer Großschädling in der Oberpfalz". Allg. Forstz. Nr. 9, 1950.
— — „*Boarmia bistortata* Goeze, der Heidelbeerspanner, ein neuer Großschädling". Verhdlg. d. deutsch. Ges. f. angew. Entomol., 1949. Verl. Paul Parey, S. 120—124, 1951.
HELLWEGER, M.: „Fauna von Nordtirol". XXXIII. Jahresbericht des Fürstbischöflichen Privat-Gymnasiums, 1914.
LOIBL, H.: „Die Großschmetterlinge der Umgebung von Hamburg-Altona", 1937.
PROSOROFF, S. S.: „*Boarmia bistortata* Goeze als primärer Schädling der Tannenbestände". Z. angew. Entomol., XX. S. 463—466, 1934.
RÖHRIG, E.: Die Lärchengespinstblattwespe *Cephaleia alpina* Klug. Zeitschr. f. angew. Entom. XXXV, 207—245.
SCHWERDTFEGER: „Bemerkenswertes Auftreten des Beerenkrautspanners *Boarmia crepuscularia* Schiff". Anz. f. Schädlingskde, S. 31—33, 1944.
SEITZ: Großschmetterlinge der Erde. Supplementband.
UFFELN, K.: „Die Großschmetterlinge Westfalens". 1908.
URBAHN, E. u. H.: „Die Schmetterlinge Pommerns". Stettiner Entomol. Ztg., 1939.
ZWÖLFER, W.: „Zur Unterteilung von Spannerpuppen aus der Kiefernwaldbiozönose nebst Bemerkungen über eine Massenvermehrung des Beerenkrautspanners *Boarmia crepuscularia* Schiff". Forstwiss. Centralbl. S. 537—547, 1932.

Aus der Forstschutzstelle Südwest, Wittental b. Freiburg/Br.

Die Lärchenminiermotte, *Coleophora laricella* Hb., ein neuer Schädling an der Douglasie?

Von

Rudolf Gauss

Mit 2 Abbildungen

Die kleine, kaum 10 mm spannende, aschgrau-bräunliche, schwach silbrig glänzende Lärchenminiermotte, *Coleophora laricella* Hb., ist durch ganz Mitteleuropa von Finnland bis zum Südabhang der Alpen — in diesen bis zu 1600 m Meereshöhe — eine allzu treue Begleiterin der Lärchen aller Altersklassen und Arten, die Jahr für Jahr mehr oder weniger stark befallen werden (3—9). Schon seit 1816 ist dieser zu den Sackträgermotten, *Coleophorinae*, gehörende Kleinschmetterling als Forstschädling, und zwar als spezifisches Lärcheninsekt, bekannt. Auch aus Nord-Amerika, wo der Falter als aus Europa eingeschleppt 1886 in Northampton erstmalig gemeldet wurde, sind nur Lärchen als Wirtspflanzen bekannt (2).

Erstmalig fanden Schwarz (7) 1931 in Österreich und Van Poeteren (11) 1932 in Holland auf Douglasiennadeln Räupchen einer Miniermotte, die sie für *Coleophora laricella* hielten.

Dies kann nun für Deutschland bestätigt und belegt werden.

Durch die Freundlichkeit von Forstmeister Sprossmann (Forstdirektion Nordbaden, Karlsruhe) erhielten wir im März 1956 aus dem Staatl. Forstamt Langensteinbach dank der Aufmerksamkeit des Revierförsters Rothemund Douglasienzweige zugesandt, die eine bisher an Douglasien unbekannte Schädigung durch einen Nadelminierschädling aufwiesen.

Eine genaue Untersuchung der Zweige ergab folgendes:

Auf den Nadelunterseiten befanden sich fast kreisrunde, oft auch ovale Löcher von etwa 0,25 mm Durchmesser und von dort ausgehend nadelauf- und -abwärts ein mehr oder weniger ausgedehnter Minierfraß ohne Exkrementreste (Abb. 1). Die Nadeln waren an diesen Stellen bis auf die beiderseitige Epidermis leergefressen und durchscheinend. Die Minierstellen zeigten eine violett-gelbliche bis -bräunliche Verfärbung auf der Nadelunterseite und eine rotbräunliche Färbung auf der Oberseite. Die nicht befallenen Nadelteile blieben grün. Je Nadel fanden sich ein bis vier Minierstellen, die oft ineinander übergingen. Viele der angegriffenen Nadeln waren durch einen schrägen oder halbmondförmigen um die Nadel gehenden Schnitt ihrer Enden beraubt. Befall zeigten Nadeln der letzten zwei Jahrgänge. An den Endtrieben saßen einzeln oder in Knospennähe gehäuft kleine bis zu 5 mm lange Säckchen angesponnen, die aus den abgeschnittenen Nadelenden bestanden. Dies entsprach genau dem Bild, daß sich bei überwinternden Räup-

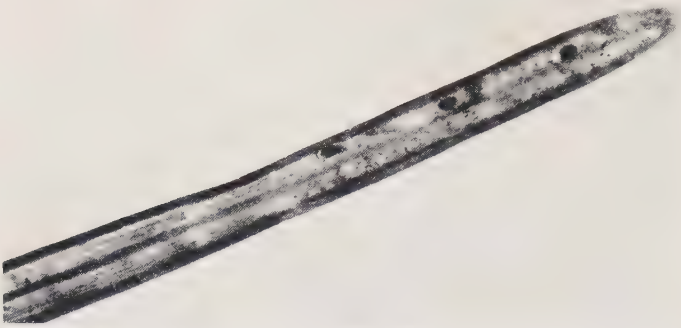


Abb. 1. 3 Einbohrstellen der Lärchenminiermotten-Raupe auf Douglasiennadeln (Fot.: Büttner)

chen der Lärchenminiermotte an den Endtrieben von befallenen Lärchenzweigen im Winter bietet, mit dem Unterschied, daß bei den Douglasienzweigen Nadeln vorhanden waren (Abb. 2). Ebenso wie an der Lärche hatten viele der Säckchen statt der Nadelspitze eine leicht mit Gespinst versehene Öffnung für den Kotaustritt, die meisten aber nur ein seitliches Bohrloch fast unmittelbar am Spitzenende. Die Letztgenannten beherbergten nur abgestorbene Räupchen.

Abb. 2. An Douglasienendtrieb in Knospennähe gehäuft überwinternde Lärchenminiermottenraupen in ihren Säckchen. Nadeln zum größten Teil abgefallen. (Fot.: Büttner)

Von den bei uns untersuchten 148 Nadelsäckchen waren nur 14 mit lebenden 2 mm langen Räupchen besetzt, die als solche der Lärchenminiermotte bestimmt wurden. Alle anderen 134 aufgeschnittenen Raupensäckchen von insgesamt 25 Zweigstücken von je etwa 15 cm Länge enthielten nur vertrocknete Raupenmumien. 17 der vertrockneten Räupchen befanden sich mit dem Vorderkörper noch in der Nadelmine, während das Säckchen mit dem darin befindlichen Raupenhinterkörper auf der Nadel stand. Sie waren also während der Fraßzeit abgestorben. Eine Parasitierung konnte nicht festgestellt werden.

Nach den Untersuchungen von Burst und Ewald (1) betrug der mittlere geometrische Prozentsatz der winterlichen Mortalität von 547 ausgezählten *coleophora*-Räupchen an Lärche im Winter 1953/54 nur 18,50%.

Es ist kaum anzunehmen, daß der allerdings kurzfristig strenge Winter 1955/56 eine derart erhöhte Mortalität wie bei den an Douglasie ausgezählten Räupchen zur Folge hatte. Auch das Nichtabschneiden der Sackspitze in den meisten Fällen deutet auf eine Schwächung der Räupchen während der Fraßzeit hin. Es hat daher den Anschein, als ob die Nährstoffe der Douglasiennadeln die Raupenentwicklung nicht in demselben Maße begünstigen wie diejenigen der Lärchennadeln.

An mehreren Nadeln und zwar immer in Spitzennähe, ebenfalls an einigen Raupensäckchen, wurden kleine graue Eier mit 12 bis 14 strahlenförmig vom Mittelpunkt ausgehenden Furchen bzw. Rippen gefunden. Der Durchmesser der Eier betrug 0,25 mm. Sie saßen einzeln oder auch bis zu drei Stück unregelmäßig hintereinander auf der Nadelunterseite. Es waren die bekannten napfkuchenförmigen Eier der Lärchenminiermotte.

Nach den Angaben des Forstamtes Langensteinbach wurden bisher rund 50 durch die Lärchenminiermotte befallene 6jährige Douglasien gefunden. Es ist durchaus möglich, daß ähnlicher Befall an Douglasbeständen oder Einzeldouglasien bisher übersehen wurde. Es wird daher angeregt, jüngere Douglasien auf lärchennahen Standorten daraufhin zu untersuchen.

Wenn auch als einzige der bei uns angebauten Nadelholzarten die Douglasie wegen ihrer relativ weichen Nadeln als neuer Wirt der Lärchenminiermotte infrage kommen könnte, bleibt abzuwarten, ob sie ohne nachhaltigen Schaden auf die Dauer davon leben kann. Dies wird durch Weiterzucht der an Douglasien überwinterten Räupchen an gezwingerten Douglasien zu klären versucht. Zu gegebener Zeit wird darüber berichtet.

Eingesandt: 25. April 1956

Literaturverzeichnis

1. Burst, R. u. Ewald, G., Neue Untersuchungen über die Biologie und die Bekämpfungsmöglichkeiten der Lärchenminiermotte. AFZ. **10**, Nr. 27/28, 1955.
2. Craighead, F. C., Insect Enemies of Eastern Forests, Washington, 1950.
3. Eckstein, K., Die Kleinschmetterlinge Deutschlands, Stuttgart, 1933.
4. Escherich, K., Die Forstinsekten Mitteleuropas, 3. Band, Berlin, 1931.
5. Ratzeburg, J. Th., Die Forstinsekten, 2. Teil, Berlin, 1840.
6. Schimitschek, E., Die Bestimmung von Insektenschäden im Walde, Berlin, 1955.
7. Schwarz, H., Neue Schädlinge der Douglasie, Z. f. Pflanzenkr., **43**, Stuttgart, 1933.
8. Schwerdtfeger, F., Die Waldkrankheiten, Berlin, 1944.
9. — —, Grundriß der Forstpathologie, Berlin, 1950.
10. Thalenhorst, W., Zur Bekämpfung der Lärchenminiermotte, Holz-Zentralblatt, **79**, Stuttgart, 1953.
11. Van Poeteren, N., c. l. Jung, W., Beiträge zur Kenntnis der Lärchenminiermotte *(Coleophora laricella* Hb.). Z. angew. Ent., **XXIX**. 1942.
12. Vité, J. P., Die Lärchenminiermotte, Holz-Zentralblatt, **80**, Stuttgart, 1954.
13. — —, Der Versuch einer gleichzeitigen Bekämpfung von Blasenfuß und Lärchenminiermotte, seine Grundlagen und Aussichten, Höfchen-Briefe, **8**, Heft 1, Leverkusen, 1955.

Aus dem Labor für Insektenpathologie, biologisches Institut der Akademie Praha

Die Mikrosporidie *Thelohania hyphantriae* Weiser des weißen Bärenspinners und anderer Mitglieder seiner Biocönose

Von

Jaroslav Weiser und Jaroslav Veber, Prag

Mit 7 Abbildungen

Als im August 1940 in Ungarn in der Nähe des Budapester Hafens zum ersten Male das Auftreten von *Hyphantria cunea* Drury festgestellt wurde, hatte niemand eine Vorstellung davon, wie sich dieser Schädling in den nächsten Jahren in Europa ausbreiten würde. Erst 1943 wurde ein neuer Fundort nördlich von Budapest festgestellt, im nächsten Jahr ein anderer südlich davon. Die Kriegsereignisse verhinderten die weitere Verfolgung des Schädlings, und im Jahre 1946 finden wir Budapest inmitten eines größeren Herdes, der einen Ausläufer in Richtung Komarno aussandte. In den nächsten Jahren breitete sich der Schädling entlang der Donau durch ganz Ungarn

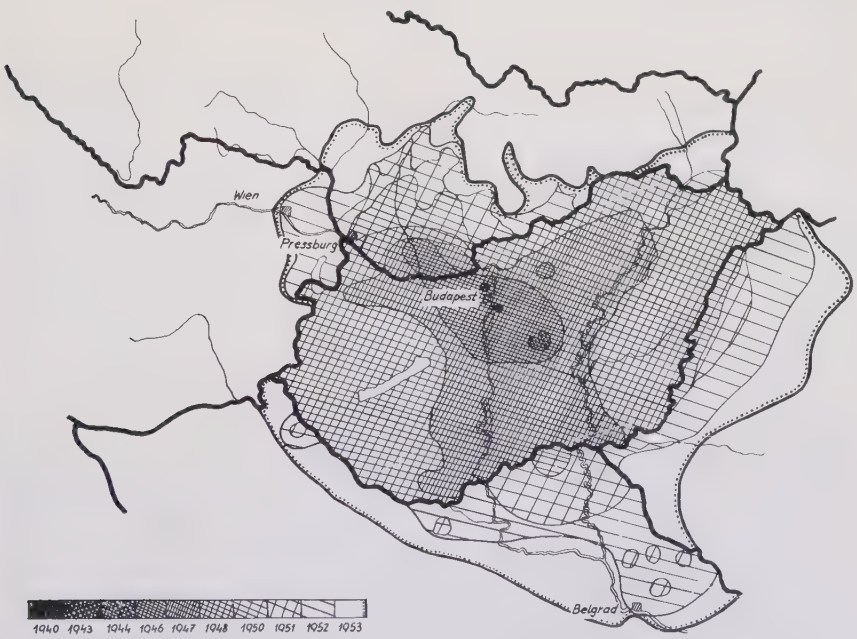


Abb. 1. Verbreitung von *Hyphantria cunea* in Mitteleuropa von 1940—1953
Nach Berichten der einzelnen Staaten

nach Süden und Norden aus. 1947 überschritt er die jugoslawische Grenze bei Subotice, 1949 dringt er nach Rumänien, im selben Jahre auch in die österreichische Ebene bei Wien vor. Dorthin kommt er aus Ungarn und der Tschechoslowakei, wo er schon seit 1946 bekannt ist. Nachdem *Hyphantria* 1951 auch ständig die Grenzen der karpatischen Ukraine überflog, wird er ein Problem für 6 Staaten. In der Tschechoslowakei erreichte *Hyphantria* 1953 die nördliche Grenze des Verbreitungsgebietes, die durch das slowakische Gebirge gegeben ist (Abb. 1). Hier ist ein weiteres Vordringen nicht möglich und die Invasion strömt in die Niederungen der Ostslowakei und nach Südmähren. Die Ausbreitung des Schädlings ist größtenteils an Verkehrswege gebunden. Wo diese fehlen, ist das Vordringen langsam, sind sie vorhanden, geht es schnell. Aus diesem Grunde ist die südmährische Front mehr gefährdet als die ostslowakische. An ersterer Stelle konzentrieren sich die Gegenmaßnahmen. Aus den bisherigen Erfahrungen mit *H. cunea* in Europa und seiner wirtschaftlichen Bedeutung geht hervor, daß der Schädling überall und mit allen Mitteln bekämpft werden muß.

Die Verbreitung des weißen Bärenspinners in seiner neuen Heimat war überall durch Kahlfraß gekennzeichnet. Die Zahl der Nährpflanzen umfaßt mehr als 136 Bäume und Kräuter, und an 72 Pflanzen legt das Weibchen seine Eier ab. Unter den mit besonderer Vorliebe aufgesuchten Gewächsen befinden sich alle Obstbäume, Maulbeerbaum, *Acer negundo,* Linde und Holunder. Die breite Anpassung der Raupen an verschiedene Pflanzen bringt es mit sich, daß sich der Schädling — auch bei gut gepflegten Obstgärten — immer wieder halten kann und von seinen Schlupfwinkeln aus von neuem in Obstgärten einbricht. Man möchte vermuten, daß sich der Bärenspinner in Auwäldern, weit entfernt von Siedlungen, ungehindert entwickeln würde, doch ist dies nicht der Fall. Es zeigte sich im Gegenteil, daß *H. cunea* immer eng an Siedlungen gebunden ist. Eine Erklärung dieses Faktors findet sich in der Sterblichkeit von *H. cunea* während seiner Entwicklung. Es zeigte sich, daß die größten Verluste bei der überwinternden Generation zu verzeichnen sind. Hier sterben während des Winters ungefähr 98% aller Puppen ab, ohne pathologische Symptome feststellen zu können. Dies zeigt, daß das Klima des Winters mit seinen tiefen Temperaturen für *Hyphantria* ungünstig ist und menschliche Siedlungen die Population begünstigen können. Die Verpuppung geschieht hier an günstigeren Schlupfwinkeln als im Freien, und so bleibt eine größere Anzahl von Puppen am Leben. Wir sehen auch, daß in südlicheren Teilen des Ausbreitungsgebietes der Schädling mehr in Auwälder eindringt und des öfteren die Siedlungen ganz meidet.

In den 15 Jahren des *Hyphantria*-Auftretens in Europa gelang es nicht mit mechanischen oder chemischen Mitteln sein Vordringen zum Stehen zu bringen oder schon befallene Gebiete vom Schädling freizumachen. Es bleibt also nichts anderes übrig, als zu trachten, daß *Hyphantria* nicht zu einer solchen Gefahr wird wie Schwammspinner, Goldafter oder Ringelspinner, die allerdings an ihren Fundorten meist durch Feinde und Krankheiten immer wieder eingeengt und reduziert werden.

Bei seiner Einschleppung nach Europa brachte *H. cunea* keine Parasiten aus seiner alten Heimat mit. Es liegen auch keine Anzeichen vor, daß dort vorkommende Krankheiten hier auftreten. Die Feinde, die *H. cunea* in unserem Gebiet nachstellen, sind meist Arten, die auf einem oder mehreren

Gliedern der Biocönose des Obstbaumes schmarotzen (siehe auch Bouček u. Mitarbeiter, 1954). Diese Polyphagie hat den Vorteil, daß die Parasiten bei Nahrungsmangel auf verwandten Arten erhalten bleiben. Nachteilig ist, daß sich die Intensität des Befalles nach einer viel breiteren Wirtspopulation regelt als nur nach der Frequenz von *H. cunea* und so nicht völlig der steigenden Kurve des Bärenspinners folgt.

Unsere Bestrebungen der letzten Jahre führten dahin, womöglich alle Krankheiten des weißen Bärenspinners kennenzulernen, beziehungsweise andere zu entdecken, die auf *H. cunea* übertragbar und imstande wären, den Schädling in die Reihe der wirtschaftlich wenig wichtigen Insekten einzugliedern. In der vorliegenden Arbeit behandeln wir die Mikrosporidien und ihre Rolle bei der Bekämpfung von *H. cunea,* wie auch ihr Verhalten gegenüber anderen Lepidopteren des gleichen Biotops.

In der Literatur fanden wir keine Angaben über natürliche Infektionen von *H. cunea* durch Mikrosporidien, nur experimentell wurde von Kudo (1940) die *Nosema bombycis* Naegeli auf *Hyphantria*-Raupen übertragen.

In einer *H. cunea*-Zucht mit Freilandmaterial aus der Umgebung von Surany zeigte sich nach längerer Haltung im Insektarium eine Erkrankung durch Mikrosporidien, die eine beträchtliche Mortalität verursachte. Die von Weiser (1953) gegebene kurze Beschreibung möchten wir hier wesentlich ergänzen.

Thelohania hyphantriae Weiser 1953 befällt den Fettkörper der Raupen des weißen Bärenspinners, *Hyphantria cunea* (Abb. 2). Bei kranken Raupen finden wir einen gelblichweißen Fettkörper, der durch die Haut durchschimmert. Seine Zotten sind zu Ende der Infektion mit Sporen angefüllt. Die Infektion erfolgt durch Sporen, die mit der Nahrung in den Darmkanal kommen. Sie öffnen sich in der vorderen Hälfte des Mitteldarmes und lassen den Planonten frei. Leere Sporen im Darminhalt sind nur wenig lichtbrechend, auf dem Vakuolenende scheinen sie aufgelöst oder aufgerissen zu sein, im Innern färben sich die Plasmareste, die hier noch reichlich vorhanden sind. Die im Darm sehr reichlich vorhandenen Planonten sind zweikernig, flach, mit unregelmäßigem, pseudopodienartig gewelltem Rande und $2 \times 2{,}5\,\mu$ groß. Das Eindringen durch die peritrophische Membran ließ sich auf Schnitten nicht verfolgen, es geschieht in den ersten 24 Stunden nach der Infektion. Der wei-

Abb. 2. Eindringen von *Thelohania hyphantriae* in den Fettkörper

tere Weg von der Darmwand in den Fettkörper geschieht in den nächsten zwei Tagen ohne jede Behinderung von seiten des Wirtsorganismus. Planonten werden mit der Haemolymphe der Körperhöhle in die Organe gespült, wo sie sich an entsprechenden Geweben, in diesem Falle am Fettkörper, anhaften und hineinwachsen. Die Infektion geschieht an vielen Stellen zur selben Zeit, so daß die Infektion nicht frontal vordringt, sondern von zerstreuten Herden aus angreift. Erst im Fettkörper wächst der Planont in die Länge und Breite und wird zum Schizonten der ersten Schizogonie (Abb. 3). Diese Stadien sind zuerst ein- bis zweikernig, etwa 2,5 × 4 μ

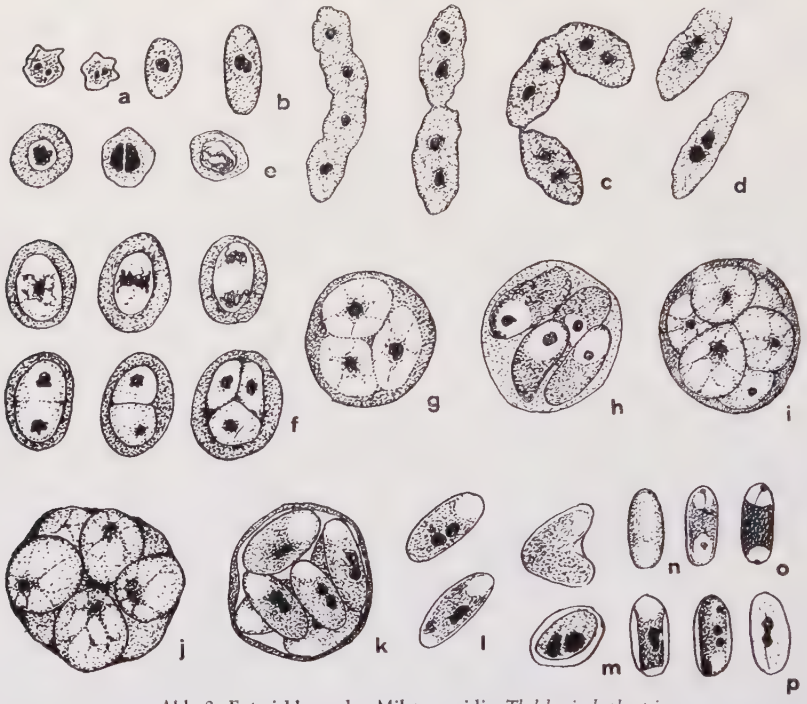


Abb. 3. Entwicklung der Mikrosporidie *Thelohania hyphantriae*.
a) zweikernige Planonte, b) erster Schizont, c) Schizonten in Teilung, d) Merozoiten der ersten Schizogonie, e) Diplokaryen, f) Teilung des zweiten Schizonten, g — k) Entwicklung der Pansporoblaste, l) Sporoblaste, m) rudimentäre Sporen, n) Spore nativ, o) reife Sporen, Färbung nach Heidenhain, p) reife Sporen, Giemsa-Färbung nach Hydrolyse

groß, länglich und wachsen zu bandartigen Schizonten mit mehreren (6 bis 8) Kernen heran. Diese sind rund und liegen in regelmäßigen Abständen. Vor der Teilung in Merozoite finden wir Teile des Schizonten mit Zwillingskernen nahe aneinander, das Band wird beiderseits der Kerne eingeschnürt, und endlich trennen sich die zweikernigen Merozoite. Die Masse einkerniger Schizonten spricht dafür, daß vor dieser Teilung doppelkerniger Stadien auch einkernige Merozoite abgeschnürt werden, die die Zellen des Fettgewebes ausfüllen. Die zweikernigen Merozoiten kugeln sich ab, die Kerne liegen nebeneinander wie die Hälften der Kaffeebohne. Bald schwillt das Diplokaryon an und es wird ein Kern mit lockerem Chromatinband gebildet, der sich mitotisch teilt. Das Cytoplasma bildet um den großen Kern eine dichte Hülle, in der die Teilung des Kernes fortschreitet. Nachdem ein zweikerniges Stadium gebildet ist, beginnen die jetzt 3—4 × 4—6 μ großen Stadien an-

zuwachsen bis sie 8 μ große Kugeln bilden, von einer dichten Hüllschicht umgeben. Durch weitere Teilungen wird die Zahl der Kerne auf 8 erhöht, und zuletzt finden wir achtsporige Pansporoblasten (Abb. 4). Doch bevor die Sporen völlig reif werden, zerfällt der Pansporoblast und die Sporen werden frei. In voll besetzten Zellen des Fettkörpers finden sich Massen von Sporen neben mehreren Schizonten und weniger zahlreichen Stadien der achtgliedrigen Sporogonie. Es scheint, daß auch direkt von den ein- bis zweikernigen Schizonten Sporoblasten und einzelne Sporen gebildet werden. Die gebildeten Sporen sind oval mit breiten Enden und messen 4—5 $\times$ 2 μ. Bei jungen Sporen ist das eine Ende zugespitzt, das andere stumpf, später sind beide Enden gleich stumpf. Im Innern der Spore liegt ein gut färbbares Plasma mit zwei entlang der Spore nebeneinanderliegenden Kernen. Der Polfaden wurde nicht ausgetrieben, doch bei Färbung nach HEIDENHAIN wird in den meisten Sporen ein dünner Faden sichtbar, der die Vakuole durchquert und am vorderen Ende in einem runden Granulum mündet. Am hinteren Ende der Spore liegt neben einer kleineren Vakuole ein zweites metachromatisches Körnchen. Neben normalen finden wir auch anomale Sporen, die wir nicht Makrosporen nennen möchten. Die einen sind mißgebildete Sporen, die aus zwei zusammengewachsen sind und ein dreieckiges Gebilde vorstellen. Ihr Plasma ist weiterer Entwicklung nicht fähig. Auch der andere Typus, seiner Art nach Makrosporen, scheinen sich nicht mehr zu entwickeln. Es sind Schizonten, bei denen die Teilungen der Sporogonie ausblieben. Im Innern finden wir unter einer dicken Hülle zwei lockerne Kerne. Sie messen etwa 7 $\times$ 5 μ.

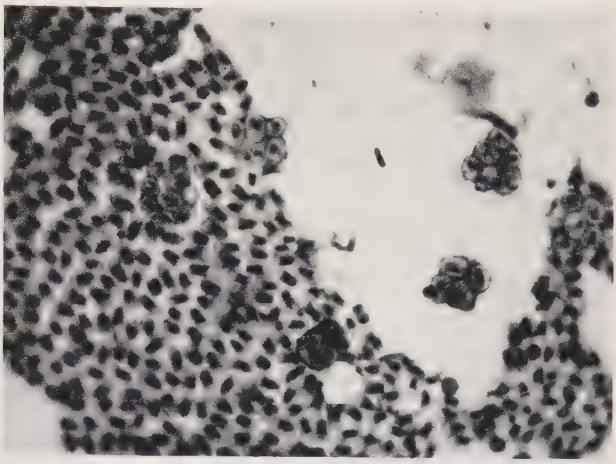


Abb. 4. Junge Pansporoblasten und Sporen von *Th. hyphantriae*. Giemsa, trocken

Bei der Klassifikation der Infektion müssen wir die Bildung achtgliedriger Pansporoblasten als für die Art charakteristisch betrachten, da diese die obere Organisationsgrenze der Art darstellen und für die Infektionen in allen Stadien und allen Wirten charakteristisch sind. Bei einigen Wirten, wie bei *Malacosoma neustria,* finden wir sogar viel mehr Pansporoblasten als bei *Hyphantria,* von der die Infektion stammte. Es war klar, daß es sich bei dieser Mikrosporidie nicht um eine aus Amerika mitgebrachte Krankheit des Bärenspinners handelte, sondern daß sie aus Mitteleuropa stammt. Wir suchten den Hauptwirt in der Biocönose des Obstbaumes, der *Hyphantria* angehört und konnten zeigen, daß *Nygmia phaeorrhoea* Don., *Malacosoma neustria* L. und *Hyponomeuta malinella* Zll. durch Sporenmaterial infiziert werden können. Dagegen *Lymantria dispar* L., *Aporia crataegi* L.,

Bombyx mori L. und *Eriogaster lanestris* L. auch bei starker Dosierung der Krankheitskeime nicht infiziert werden.

Bei allen Wirtsraupen erscheint am zweiten Tag der Infektion durch sporenhaltige Nahrung wäßriger Kot und reichlich Flüssigkeit aus der Mundhöhle. Der meist ungeformte Kot enthält zahlreiche leere Sporen. Im weiteren Verlauf der Infektion wird der Raupenkot wieder fest und geformt. Einzelne Sporen im Kote finden wir noch 20 Tage nach der Infektion. Bei jungen Raupen des ersten bis dritten Stadiums kommt es oft zu einem Durchfall, der bald zum Tode der Larven führt. In diesem Falle handelt es sich um eine Komplikation der Infektion mit Mikrosporidien durch

Abb. 5. Verschiedene Todesursachen von *H. cunea*-Raupen: 2 Raupen links mit brauner Septikämie, 2 Raupen im rechten oberen Viertel mit schwarzer Septikämie, unten rechts Raupe mit Mikrosporidien, in der Mitte gesunde Raupe

einsetzende Septikaemie. Der kurze Darm der ersten Stadien ist nicht imstande, die durch eindringende Planonten beschädigte Darmwand zu heilen. Die Bakterien dringen in die Wunden ein und in die Körperhöhle gelangt, verursachen sie eine Septikaemie. Es braucht sich nicht um spezielle pathogene Keime zu handeln, es genügt die normale Bakterienfauna des Raupendarmes. Die verendeten Larven haften meist mit dem Hinter- oder Vorderende fest an der Unterlage, denn die vor dem Tode ausgeschiedene Flüssigkeit ist plasmahaltig und klebrig (Abb. 5). Die kranken jungen Raupen ändern ihre Farbe nicht, erst nach dem Tode werden sie durch oxydierende Haemolymphe dunkel. Bei älteren Raupen äußert sich die Infektion durch Verfärbung am 11. Tage nach der Infektion. Die kranken Raupen verfärben sich weißlich, wachsen meist sehr langsam, nehmen wenig Nahrung auf, die Abstände zwischen den einzelnen Häutungen werden länger, die Verpuppung, wenn sie überhaupt erfolgt, ist sie um etwa 14 Tage verzögert. Gegenüber Infektionen bei jungen Raupen, die meist alle im Laufe von 4 Tagen ab-

sterben, zeigt sich bei älteren Raupen ein langsamer Verlauf, so daß hier die letzten Raupen meist erst nach einem Monat absterben (Abb. 6). Wenn inzwischen die Verpuppung eintritt, geht die Infektion in die Puppe über und überdauert meistens die lange Periode der Winterruhe ohne weitere Ausbreitung. Infizierte Puppen sterben meist ab, doch aus einigen schlüpfen im Frühjahr infizierte Schmetterlinge. Die bakterielle Septikämie kommt bei älteren Stadien viel weniger vor. Dies rührt erstens daher, daß der größere Darm besser die Verletzungen durch Mikrosporidien regeneriert, zweitens ist die vernichtete Fläche relativ viel kleiner, die peritrophische Membran stärker und die Resistenz größer. Die Infektion älterer Stadien, mit ziemlich großem Fettkörper, dauert lange und die Symptome richten sich danach. Erst 14 Tage nach der Infektion schimmert die Raupe weißlich oder gelblich durch. Zu dieser Zeit ist der Fettkörper in allen Teilen befallen und es kommt nun langsam zur Sporogonie. Im Unterschied zu anderen Infektionen durch Mikrosporidien kommt es in diesem Falle nicht zur Hyperplasie der Gewebe, so daß der Körper sich nicht aufbläht. Im Gegenteil, die kranken Raupen mumifizieren langsam, werden schwächer, verkürzen sich und trocknen fast völlig ein. Kritisch sind für infizierte Raupen die Häutungen und die Verpuppung. Bei diesen Gelegenheiten braucht nämlich die Raupe ihre Fettreserven, die bei Tieren mit parasitiertem Fettkörper meist fehlen. Bei der Verpuppung kommt es meist nur zur Ausbildung des Rückenschildes und nach diesem Stadium stirbt die unfertige Puppe ab.

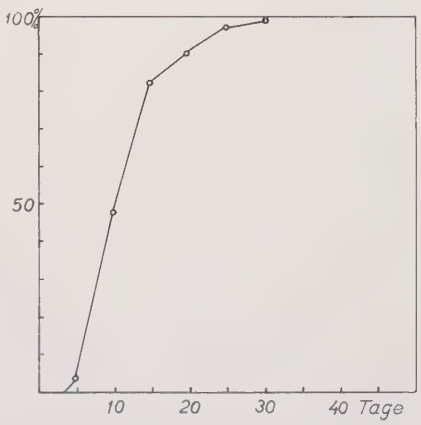


Abb. 6. Sterblichkeit der Raupen von *H. cunea* bei Infektion mit *Th. hyphantriae*

Bei überwinternden Puppen ist der Infektionsverlauf sehr schwierig zu verfolgen, da das Absterben der Puppen in langen Zeitabständen erfolgt. Die beste Kontrollmethode ist, das Gewicht der Puppen zu verfolgen. Eine gesunde Puppe wiegt zu Beginn der Überwinterung etwa 180 mg, zu Ende 140—160 mg. Abgestorbene Puppen, deren Gewebe Feuchtigkeit verliert, wiegen eine Woche nach dem Absterben etwa 80 mg, nach vollem Austrocknen 3 mg. Da der Fettkörper der Puppe nur gering ist, ist auch der Gewichtsunterschied infizierter und gesunder abgestorbener Puppen gering und durch Wiegen nicht zu erfassen, so daß wir nur den Tod der Puppe feststellen können.

Die Sterblichkeit der Puppen ist auch ohne Infektion so groß, daß z. B. aus 287 *H. cunea*-Puppen bei einem Versuch nur 17 Falter schlüpften. Die hohe Mortalität ist meist durch physikalische Einflüsse bedingt, denn die meisten Puppen enthielten keine Bakterien. Ihr Inhalt war verflüssigt, autolysiert und kein anderer Parasit vorhanden. Infektionsversuche mit den Resten verendeter Puppen an Raupen blieben negativ. Puppen von Raupen, die mindestens 14 Tage vor der Verpuppung mit Mikrosporidien infiziert wurden, starben überwiegend während der Winterruhe und nur wenige Puppen ergaben Falter. Je später vor der Verpuppung und je geringer die

Infektion durch Mikrosporidien ist, desto mehr Puppen überleben und entlassen infizierte Schmetterlinge. In unseren Versuchen erhielten wir nur 2 Männchen und 4 Weibchen, die, obzwar infiziert, doch ausflogen. Die Infektion beschränkte sich bei ihnen auf den Rest des Fettkörpers. Sie kopulierten normal und legten Eier, aus denen gesunde Raupen schlüpften.

Thelohania hyphantriae in Nebenwirten

H. cunea kam bei seiner Einschleppung nach Europa in eine reiche Biocönose der Obstbaumschädlinge. Die zahlenmäßig wichtigsten Schädlinge, mit denen er zusammentraf, waren *Nygmia phaerrhoea, Malacosoma neustria, Aporia crataegi* und *Lymantria dispar,* seltener *Hyponomeuta malinella.* Es war höchst wahrscheinlich, daß einer von ihnen der ursprüngliche Wirt der Mikrosporidie aus *Hyphantria* gewesen ist, der den neuen Eindringling infizierte. Es zeigte sich, daß außer *Lymantria dispar* und *Aporia crataegi* die übrigen Schädlinge für *Thelohania hyphantriae* empfänglich sind (WEISER, VEBER 1955). Bei *H. malinella* kam es zu einem plötzlichen Sterben der infizierten Raupen, so daß nach 11 Tagen der ganze infizierte Bestand tot war, wohingegen in der Kontrolle in derselben Zeit nur 2 von 39 Raupen starben und die übrigen sich gut verpuppten. Die steile Kurve der Sterblichkeit möchten wir, nach Verletzung der Darmwand durch Planonten, der Septikämie zuschreiben.

Bei *N. phaeorrhoea* erreichten wir nach peroraler Infektion mit Sporen eine schwere Erkrankung. Die Inkubation dauerte bei Zimmertemperatur für L I und L II 4 Tage, für L III 5 Tage und für L IV 5 bis 16 Tage. Nach 5 Tagen sind die Symptome der Erkrankung gut sichtbar. Die Raupen fressen nicht oder nur sehr wenig, sie liegen meist halbkreisförmig gebogen auf dem Boden und bewegen sich nur bei Berührung. In diesem Zustand können die Raupen einen Monat lebend liegen bleiben, bis sie durch völlige Erschöpfung sterben. Doch auch hier stirbt der größte Anteil erkrankter Raupen in den ersten 14 Tagen nach Eintritt der Septikämie, die die geschwächte Raupe befällt. In chronischen Fällen, die mehr als 25 Tage nach der Infektion noch lebten, fanden wir im Fettkörper Massen reifer Sporen, die die Zotten des Fettkörpers ausfüllen, wie wir es schon bei *Hyphantria* sahen. Die hier angetroffenen Formen des Entwicklungszyklus gleichen in Form, Größe und Zahl denen in *Hyphantria.* Die Muskulatur ist schlaff, der Darm leer. Nur selten verpuppt sich die infizierte Raupe und entläßt einen Falter. Auch hier ist der Rest des Fettkörpers der Sitz der Infektion. Bei der Infektion des Goldafters sind die zwei, resp. drei Phasen der Sterblichkeitskurve, die langsam ansetzende Inkubationsetappe, die steile Partie und die langsam absterbenden Fälle charakteristisch. Beim Ringelspinner finden wir einen abweichenden Verlauf.

Hier dauert die Inkubation bei L I 2, bei L II 3 bei L III 4 Tage. Nach dieser Zeit nehmen die Raupen meist keine Nahrung mehr auf und liegen bis zum Tode regungslos auf den Nährpflanzen. Auch diese Raupen reagieren nur schwerfällig auf Berührungsreize, ihr Körper ist schlaff, ohne auffällige Verfärbung. Vor der Verpuppung bilden sich im letzten Raupenstadium große Massen von Sporen, die den mächtigen Fettkörper anfüllen. Bei *M. neustria* finden sich des öfteren neben Mikrosporidien Infektionen mit polyedrischen Viren. Bei einer solchen Komplikation ist der Verlauf der Krankheit viel schneller. Die Infektion mit Mikrosporidien und Polyedern

zugleich ist auch für die Verbreitung der Infektion sehr wichtig. Die verendeten Raupen verwandeln sich in Flüssigkeitssäcke, in denen Bakterien das Gewebe auflösen und damit den Mikrosporidien-Sporen eine für die Übertragung sehr günstige Basis schaffen. Die Flüssigkeit der toten Ringelspinner benetzt Blätter und Rinde der Bäume, wodurch die Infektion im Biotop verbreitet wird, ohne warten zu müssen, bis ausgetrocknete Raupen von Predatoren gefressen und so die Sporen im Kot frei werden. In der Reihe der 4 Wirte scheint *Malacosoma* der Wirt zu sein, der am meisten für die Verbreitung der Infektion im Laufe des Sommers sorgt. Dagegen ist es *N. phaeorrhoea,* in dem die Infektion den Winter unversehrt überdauert, wie einige Versuche zeigten (Weiser 1956).

Wie schon gesagt unterscheidet sich *Th. hyphantriae* in ihren verschiedenen Wirten nicht in ihrer Morphologie oder Affinität zum befallenen Gewebe. Doch ist die Reaktion der Wirte auf die Infektion verschieden. Bei *H. cunea* fressen die Raupen bis 24 Stunden vor dem Tode. Bei *Nygmia* und *Malacosoma* dagegen wird der Raupenfraß am 5. Tag der Infektion bis zu ihrem Tod nach fast einem Monat eingestellt. Bei *Hyphantria* und *Malacosoma* ist vor dem steilen Anstieg der Sterblichkeitskurve eine kurze Vorperiode, die dadurch gekennzeichnet ist, daß Raupen absterben, bei denen Septikämie mit Mikrosporidien-Infektion kombiniert ist und dadurch einen frühzeitigen Tod verursachen. Am Ende der Kurve gibt es bei diesen 2 Wirten wieder eine Periode mit langsamerem Absterben, hier handelt es sich um reine Mikrosporidien-Infektionen. Bei *Nygmia* dagegen, die in den meisten Fällen keine virulenten Oportunisten im Darm hat, sehen wir eine ziemlich lange Anfangs- und Endperiode, ohne Bakteriosen.

Wie bei *Hyphantria* so ist auch bei *Nygmia* und *Malacosoma* eine andere Mikrosporidie, die der *Th. hyphantriae* entsprechen würde, nicht bekannt, so daß die Originalbeschreibung von *Th. hyphantriae* bestehen bleibt.

Der Fund neuer Wirte der Mikrosporidie verhalf uns einerseits zur bequemen Haltung der Infektion im Labor, auch weit entfernt der nördlichen Verbreitungsgrenze von *H. cunea.* Andererseits zeigte sich eine Möglichkeit, das Biotop durch Behandeln des Goldafters und Ringelspinners für das Eindringen von *Hyphantria* vorzubereiten. Im weiteren Verlauf versuchten wir orientierende Freilandversuche mit der Infektion durchzuführen. Dies war sehr schwierig, da erstens das Befallsgebiet mehr als 500 km von unserem Labor entfernt war, zweitens die befallenen Bäume in diesem Gebiet — den internationalen Verpflichtungen gemäß — ausnahmslos mit Kontaktinsektiziden zu behandeln waren. Aus diesem Grunde waren nur an wenigen Stellen mehrjährige Versuche durchzuführen. Unsere Ergebnisse stammen meist nur aus einer Saison.

Raupennester mit Raupen, die etwa 4 Tage vorher geschlüpft waren, wurden abgeschnitten und mit frischem Laub des Versuchsbaumes für 2 Tage verbunden. Innerhalb dieser Zeit ging das Raupennest auf die neuen Blätter über. Das ursprüngliche Gespinst mit skelettierten Blättern konnte entfernt werden und das neue Nest war versuchsbereit. Am unteren Ende wurde der Ast durch einen Leimring vom übrigen Baum isoliert. Nachbaräste, die den Raupen bei Wind hätten Zuflucht bieten können, wurden abgeschnitten.

Blätter mit gut entwickelten *Hyphantria*-Nestern wurden mit einer wäßrigen Suspension von Sporen bespritzt. Die Sporen wurden von toten Raupen durch Ausschütteln zerfetzter Exemplare in Wasser isoliert, grobe Reste ausgesiebt. 6—8 *Nygmia*-Raupen des 3. oder 4. Stadiums ergaben in 100 cm^3 Wasser eine Suspension mit etwa 3 bis 6 000 Sporen pro 1 mm^3. Zum Bespritzen wurde eine Fixierspritze verwendet.

Wegen der großen Entfernung der Versuchsobjekte vom Labor wurde nur alle 14 Tage eine Kontrolle durchgeführt. Damit die Raupen nicht gestört wurden, was zu atypischen Resultaten hätte führen können, konnten die Nester nicht voll geöffnet werden. Zur Kontrolle — bis zum 3. Stadium — wurden nur in verlassenen Gespinsten verbliebene Raupen benutzt bzw. Raupen vom Gespinstrand. Von L IV an waren alle Raupen der Untersuchung zugänglich, da sie zu wandern beginnen. Neben den Raupen zeigte auch die Anzahl der skelettierten oder aufgefressenen Blätter die Aktivität und den Zustand der Raupen an. In Nestern der Frühlingsgeneration waren meistens 250—300 Raupen. Unbehandelte Nester auf den gleichen Bäumen dienten zur Kontrolle.

Versuch 1. Apfelbaum. 6. VI. ein Nest angesetzt, 8. VI. gute Gespinste, der Ast mit Sporen bespritzt. 23. VI. etwa 10 % / 32 Raupen / tot, schwache Infektion mit Mikrosporidien, viele Bakterien / sekundäre Septikämie. 14. VII. Gespinst völlig verlassen, einzelne tote Raupen mit massiver Infektion, die übrigen verschwunden, liegen nicht auf dem Boden. Bei letzter Kontrolle Fraß an 3 Blättern / bei Kontrolle mehr als an 10.

2. Maulbeerbaum. 6. VI. Nest, 8. VI. infiziert, 23. VI. etwa 25 % der Raupen des II. Stadiums tot im Gespinst / 68 Stück. 14. VIII. alles tot, Raupen verschwunden, 5 Blätter skelettiert. Reichliche Weichkäfer / *Cantharis fusca* / vorhanden.

3. Maulbeerbaum. 6. VI. Nest, 8. VI. infiziert, 23. VI. Die Raupen haben 4 Blätter skelettiert, 25—30 % Raupen im Gespinst tot, Mikrosporidien. 14. VII. alles verlassen, 6 Blätter skelettiert. Viele *Cantharis fusca.*

4. Maulbeerbaum. 6. VI. Nest, 8. VI. infiziert, 23. VI. Raupen über 4 Blätter vorgerückt, in verlassenen Blättern viele tote Raupen. 14. VIII. alles verlassen, viele Weichkäfer vorhanden.

In den Versuchen 2 bis 4 war der Ausgang durch den Anflug zahlreicher Weichkäfer gestört, die durch die Kleberinge nicht behindert anflogen und kranke oder tote Raupen auffraßen. Ihre Tätigkeit wurde auch an toten Raupen festgestellt, die zur Erhaltung der Infektion am Standorte in Gespinsten zurückgelassen wurden. Um den 14. VII. waren etwa 2 bis 3 Weichkäfer auf einem Quadratmeter der Oberfläche der Versuchsbäume. Das Versuchsgelände war eine Allee von Obstbäumen, Maulbeerbäumen, Weißdorn und Schlehen entlang der Eisenbahn. Die Allee lag inmitten offener Felder, und so konzentrierte sich hier der ganze Anflug zahlreicher Raubinsekten, die alle tote Raupen aufzehrten. In 109 untersuchten toten Raupen fanden wir in 21 Fällen massive Mikrosporidien-Infektion im Fettkörper, in 79 Fällen waren Sporen der Mikrosporidie nur in geringerem Maße vorhanden, in 9 Fällen handelte es sich um eine bakterielle Septikämie. Praktisch sind also 92 % der verendeten Raupen an *Th. hyphantriae* eingegangen. Wo tote Raupen neben lebendigen durch das Gespinst geschützt waren, blieben sie erhalten. Wurden die Gespinste von lebenden

Raupen verlassen, verschwanden tote Raupen sehr rasch. Nirgends wurden sekundäre Nester des Bärenspinners festgestellt, die von zu Boden gefallenen Raupen auf Nachbarbäumen gebildet worden wären. Nach dem Fraß in verlassenen Nestern zu urteilen, müssen wir vermuten, daß die Raupen bis Ende Juni an den Versuchsästen verblieben. Wir haben das Verschwinden der kranken Raupen den Weichkäfern zugeschrieben. Wir wählten deswegen eine mehr geschützte Versuchslokalität inmitten eines Obstgartens, wo wir weitere Bäume mit Raupen von *Hyphantria cunea* beschickten.

Versuch 5. Kirschbaum, 23. VI. auf einem isolierten Ast 70 Raupen des II. und III. Stadiums freigelassen. 25. VI. Blätter mit Sporensuspension bespritzt, 14. VII. bei Kontrolle nur 56 Raupen aufgefunden, Ast stark abgefressen. 27 Raupen liegen tot im Gespinst. Von 7 untersuchten 5 stark mit Sporen angefüllt, 2 mit schwächerer Infektion. 17. VIII. alle Raupen tot, wurden auf den Gespinsten gelassen, um ihr weiteres Schicksal zu verfolgen. Raupen schon bei erster Kontrolle am 14. VII. in der Entwicklung weit hinter der Kontrolle, die sich schon verpuppen. Die Raupen sind gelb bis bräunlich, im IV. Stadium.

Versuch 6. Apfelbaum, 23. VI. 85 Raupen angesetzt / II. und III. Stadium. 25. VI. infiziert, 14. VII. im Gespinst 59 Raupen, davon 30 tot, die übrigen bräunlich, in der Entwicklung zurückgeblieben, auf Berührung nur schwach reagierend. Den toten Raupen wurden die letzten 2 Glieder abgeschnitten und überall konnte die Infektion mit Mikrosporidien festgestellt werden. Bei der Kontrolle am 17. VIII. sind nur Reste toter Raupen zu finden, in allen Sporen von Mikrosporidien. Keine einzige Puppe wurde gefunden.

Versuch 7. Pflaumenbaum, 23. VI. 120 Raupen des III. Stadiums. Infektion am 25. VI. Am 14. VII. Raupen in einem neuen Gespinst, Blätter nur wenig befallen. Die meisten Raupen sind bräunlich, wenig beweglich, sie häuten sich zu L IV. 15 tot, alle mit Mikrosporidien. In 5 lebenden, sezierten Raupen eine Infektion mit *Thelohania hyphantriae* festgestellt. Bei Kontrolle am 17. VIII. sind noch 16 kranke Raupen übriggeblieben, die immer noch im IV. Stadium sind. Fraß war nur gering, tote Raupen fehlen.

Bei Versuchen, die im Obstgarten durchgeführt wurden, zeigte es sich, daß kranke und tote Raupen viel länger in Gespinsten verbleiben. Da wir das Schicksal der Sporen im Biotop weiter verfolgen wollten, blieben tote Raupen an befallenen Ästen.

Parallel mit diesen Versuchen wurden an weiteren Bäumen Versuche mit *Nygma phaeorrhoea* und *Malacosoma neustria* durchgeführt, bei denen Blätter der befallenen Äste mit Mikrosporidien *(Th. hyphantriae)* bespritzt wurden. Diese Versuche hatten etwa denselben Verlauf wie die Versuche 1—4. Obzwar hier mit 150 bis 200 Raupen je Versuch angefangen wurde (im ganzen etwa 1500), waren schon die ersten Kontrollen enttäuschend, denn auf den Versuchsbäumen waren keine Raupen mehr, und der Fraß zeigte, daß die Raupen etwa nach 5 bis 7 Tagen verschwunden sein mußten. Die Raupen konnten der Kleberinge wegen nicht fliehen, es handelte sich um autochthone Raupennester, die auf den Bäumen direkt aus Eiern geschlüpft waren. Unter den Bäumen und in ihrer Umgebung wurden keine Raupen aufgefunden. Wir vermuten, daß auch hier bei starkem Anflug von Weichkäfern diese die kranken und toten Raupen wegräumten.

Wir hatten kein Interesse daran, die Sterblichkeit der Raupen durch Mikrosporidien-Infektionen in der Natur so zu ermitteln, daß alle toten Raupen mit Gazenetzen aufgefangen und seziert wurden. Dies hatten wir schon in Laboratoriumsversuchen ermittelt: die Mikrosporidien schwanken in ihrer Virulenz nicht so beträchtlich, daß die freie Natur die Sterblichkeit der Raupen anders beeinflussen könnte als das Experiment. Unsere Ergebnisse, wo sie auch ermittelt wurden, stimmten damit überein. Es ging uns vielmehr darum, die Ursachen zu ermitteln, unter denen sich die Infektion in der Natur entwickelt, wie sie sich ausbreiten kann bzw. wie die Biotope mit einer eingeführten Infektion gesättigt werden können.

In einem Falle wurde auch eine andere Methode der Infektion benutzt (WEISER 1956). Zufällig wurde auf einer Kontrollfahrt am 17. VIII. 1954 am Vaag-Trajekt bei Vlčany eine Gruppe von Maulbeerbäumen gefunden, wo gerade Weibchen von *Hyphantriae cunea* reichlich Eier ablegten. Die Lokalität lag abseits von Siedlungen, so daß ein menschlicher Eingriff gegen den Bärenspinner nicht zu befürchten war. Am Flußufer, in der Nähe der Maulbeerbäume, war eine Zufluchtstätte für Vieh und Wagen, wo diese auf die Überfahrt warteten. Durch die Fahrzeuge wurden aus den befallenen Ortschaften zahlreiche *Hyphantria cunea* an dieser Stelle eingeschleppt und vom Boden aus waren an jedem Baum 12—15 Gelege sichtbar. Da die Eiablage gerade ihren Höhepunkt hatte, war zu erwarten, daß noch weitere Gelege in den nächsten Tagen hinzukommen würden. Mit unserer Spritze waren nur die unteren Äste der Bäume zugänglich, und so bespritzten wir auf 2 Bäumen je 7 Eigelege (3000 Raupen) mit etwa 8—10 benachbarten Blättern. Die übrigen Gelege blieben unbehandelt. Es sollte sich nur um eine Feststellung handeln, wie sich die eingebrachte Infektion auf so kleinen Teilen der Baumkrone weiterentwickeln würde. Bei einer Kontrolle am 1. 9. wurden an den unteren Ästen keine Nester mit gelungener Infektion festgestellt. Wir vermuteten, daß das benutzte Sporenmaterial avirulent war (bei früheren Experimenten hatten wir eine solche Erfahrung niemals gemacht) und sahen von der weiteren Verfolgung des Versuches ab. Erst am 19. 10. 1954 kamen wir zufällig wieder an diesen Ort. Alle Bäume waren stark befressen, an dreien Kahlfraß. Unter den Bäumen krochen hungrige Raupen herum, die das Gras abfraßen. Von den vorgefundenen toten Raupen des 4. und 5. Stadiums wurden 39 eingesammelt. Bei der Sektion zeigte sich, daß von den 39 Raupen 15 stark mit *Th. hyphantriae* befallen waren, bei den restlichen handelte es sich um eine Septikämie. Die Infektion wurde auch an zwei lebenden Raupen festgestellt, die sich zur Verpuppung unter das Dach der Zufluchtsstelle begeben hatten. Einige Hundert Raupen dieses Gebietes wurden eingesammelt und mit einer Sporensuspension bespritzt, um das Überwintern der Infektion in der Natur verfolgen zu können. Ein plötzliches Hochwasser im Frühling 1955, das die Bäume etwa 3—4 m hoch überflutete, vernichtete die ganzen Puppen. Das Experiment zeigt, daß auch kleine Spritzungen, lokalisiert auf die Nähe der Gelege oder Raupennester, eine regelmäßige Infektion der Raupen verursachen. Da die Infektion durch *Th. hyphantriae* eine Infektion des Fettkörpers ist und die Sporen nicht vor dem Tode der Raupen frei werden, ist ihre Verbreitung im Biotop sehr langsam. Die behandelten Nester enthielten etwa 4000 gegen insgesamt 10 000 Raupen auf beiden Bäumen. Wenn wir die Mortalität der Jungraupen in

unsere Betrachtung mit einbeziehen, so ist das Verhältnis 15 infizierte von 39 eingesammelten Raupen zufriedenstellend.

Das Überwintern der Mikrosporidien in *Hyphantria cunea* und anderen Wirten

Thelohania hyphantriae überdauert die ziemlich lange Periode von 6 bis 7 Monaten zwischen der Herbstgeneration des vorherigen Jahres und der Frühlingsgeneration des kommenden Jahres bei *Hyphantria cunea* meist in der Puppe. Raupen mit schwacher Infektion kurz vor der Verpuppung entwickeln sich bis zum erwachsenen Insekt und bringen so die Infektion mit. In dieser Form bleiben die Sporen der Mikrosporidie länger als 190 Tage voll virulent erhalten. Doch die meisten Puppen, die infiziert sind, sterben während des Winters ab und ihre Sporen sind tot. Den selben Fall finden wir auch bei *Malacosoma neustria*. Dagegen liegen bei *Nygmia phaeorrhoea* die Verhältnisse ganz anders. Diese überwintert als L I in dichten Gespinstnestern. In einer Reihe von Experimenten versuchten wir (Weiser 1956), Raupen noch vor dem Einspinnen mit Mikrosporidien zu infizieren. Dies geschah durch Bespritzen des Blattes mit dem Eigelege und der umgebenden 3 Blätter mit einer Suspension von *Th. hyphantriae*-Sporen von der gleichen Konzentration, wie früher angegeben. Es wurde so viel Flüssigkeit verspritzt, bis sich an der Blattspitze die ersten Tropfen bildeten.

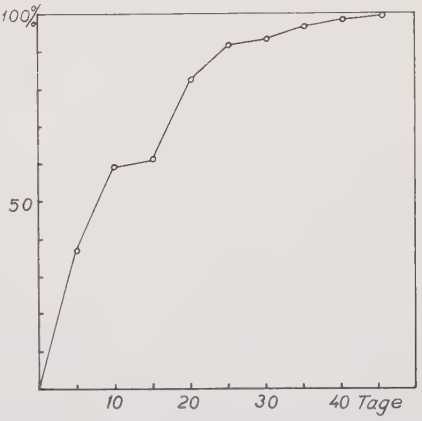


Abb. 7. Sterblichkeit der Raupen von *Nygmia phaeorrhoea* nach Verlassen des Winternestes bei Infektion im vorherigen Herbst

Am 19. 10. 1954 wurden etwa 25 Nester (zu je 200 bis 300 Raupen) durch Mikrosporidienspritzungen behandelt. Die Raupen sponnen sich normal ein. Am 28. 3. 1955 wurden 6 Nester ins Laboratorium gebracht, im Kühlschrank bei 0° C aufgehoben und in Zeitabständen untersucht. In Zuchtversuchen zeigte sich, daß etwa 5 Tage nach dem Schlüpfen der Raupen aus dem Gespinst ein stärkeres Sterben einsetzte, das etwa 14 Tage andauerte. Danach blieben nur Raupen übrig, die sehr langsam abstarben. Die letzten starben am 43. Tage nach Verlassen des Nestes (Abb. 7). Im Zeitraum von etwa anderthalb Monaten wuchsen die Raupen bis zum IV. Stadium heran. Keine infizierte Raupe entwickelte sich im Herbst bis zur Puppe. Die Versuchszuchten hatten in allen Fällen fast das gleiche Resultat. Nur nahm mit der Länge der Aufbewahrung im Kühlschrank die Zahl der schlüpfenden Raupen stetig ab. Von Ende Juli an schlüpften keine Raupen mehr. Dagegen traten in nichtinfizierten Nestern keine Verluste ein, und die Raupen schlüpften bis Mitte Oktober, der Zeit entsprechend, wie sie in den Kühlschrank gebracht wurden.

Das Überwintern der Mikrosporidien in Raupen ermöglichte eine Aufbewahrung virulenter Parasiten durch 5 Wintermonate hindurch und weitere 3 Monate im Kühlschrank. So überdauerte die Infektion ohne weitere Be-

handlung 240 Tage. Dieser Umstand ist zur Bereithaltung virulenten Materials für Versuchszwecke im Labor wesentlich. Er trägt auch zur Erhaltung des Erregers in der Natur bei.

Der Verlauf der Infektion in der Natur ist derselbe wie im Labor, nur mit dem Unterschied, daß kranke Raupen im Freiland von Predatoren angegriffen werden und ihr Bestand in infizierten Nestern viel schneller vermindert wird. Da der Versuch so angelegt war, daß eine Hälfte der Allee bespritzt, die andere unbehandelt blieb, war es auch möglich, die Wirkung der Infektion vergleichend zu prüfen. Während es in der unbehandelten Hälfte zu Kahlfraß kam (38 Nester), blieb dieser in der infizierten Hälfte aus. Doch da in der behandelten Hälfte nur 25 von 39 Nestern infiziert wurden, kam es zur Entwicklung gesunder Raupen auch in diesem Abschnitt. Zu Ende der Entwicklung am 18. 10. 1955 waren 54 Nester auf der unbehandelten Hälfte der Allee 14 Nester auf der behandelten ausgebildet.

Trotz der großen Zahl von Raubinsekten, die die kranken Raupen angriffen, konnten wir keine besondere Ausbreitung der Infektion auf neue Wirte feststellen. Die Mikrosporidien verschwanden aus der Biocoenose mit den Exkrementen der Raubinsekten, und ihre Konzentration war nicht so groß, daß sie wieder in die oberen Schichten des Biotops vordringen konnten. Es war interessant festzustellen, inwieweit überhaupt Mikrosporidiensporen den Darm von Raubinsekten passieren. Als Versuchsobjekt verwendeten wir einen Käfer, *Xylodrepa quadripunctata* (Silphidae) (WEISER, 1956). Dieser Käfer lebt häufig in einzelnen Gegenden direkt in den Gespinsten von *Hyphantria cunea* und ernährt sich von den Raupen. Wenn an diesen Sylphiden tote, mit *Thelohania hyphantriae*-infizierte Raupen verfüttert wurden, konnten wir nach dreitägiger Isolation in sterilem Gefäß frische Kotballen erhalten, die bei Verfütterung an gesunde Raupen binnen 5 Tagen ein Sterben an *Th. hyphantriae* verursachten. Die Sporen passierten also den Darm des Käfers, ohne ihre Virulenz einzubüßen oder zu schlüpfen.

Zusammenfassung

1. *Hyphantria cunea* hat bei seinem Eindringen in die Biocoenose des Obstbaumes in Mitteleuropa eine Infektion durch die Mikrosporidie *Thelohania hyphantriae* WEISER 1953 erworben.

2. Der Parasit ist durch bandartige Schizonten der ersten Schizogonie, durch Schizonten mit einer Hüllmembran der zweiten Schizogonie gekennzeichnet. Die achtgliedrigen Sporoblasten zerfallen vor der vollen Ausreifung. Die ovalen, zweikernigen Sporen messen 4—5 × 2—3 μ.

3. Nach fünftägiger Inkubation, während der nur vereinzelte Verluste an bakterieller Septikämie auftreten, bricht plötzlich ein starkes Sterben aus, dem etwa 70% der Raupen zum Opfer fallen. Der Rest, schwache Infektionen, kommt zur Verpuppung. Nur vereinzelt bilden infizierte Raupen Puppen und ergeben Schmetterlinge. In lebenden Puppen bleibt die Mikrosporidie 190 Tage erhalten.

4. *Thelohania hyphantriae* ist auch auf andere Lepidopteren der Obstbaumbiocoenose übertragbar: auf *Hyponomeuta malinella* (begrenzt), *Nygmia phaeorrhoea* und *Malacosoma neustria*. Dagegen waren *Lymantria dis-*

par, Bombyx mori, Eriogaster lanestris, Aporia crataegi und *Stilpnotia salicis* widerstandsfähiger. In den neuen Wirten verursacht *Th. hyphantriae* eine Erkrankung desselben Verlaufes wie bei *Hyphantria cunea.* Nur nehmen die letzten Wirte nach der fünftägigen Inkubation keine Nahrung mehr auf, leben ohne Nahrung aber noch über einen Monat.

5. Laboratoriumsversuche zeigten, daß die Infektion mit *Th. hyphantriae* bei genügend starker Dosis absolut tödlich wirkt.

6. In Freilandversuchen wurde gezeigt, daß sich die Raupen durch bespritztes Laub zu 100% infizieren, von denen binnen 14 Tagen etwa 25% absterben. Die übrigen waren etwa in einem Monat tot. Raubinsekten suchen mikrosporidienkranke Raupen mit Vorliebe auf, verzehren sie und können Infektionskeime aus dem Biotop entfernen.

7. Bei *Nygmia phaeorrhoea* ist es möglich, Raupen des 1. Stadiums im Herbst vor dem Einspinnen durch Bespritzen der Futterblätter zu infizieren. Die Mikrosporidie entwickelt sich während der Diapause nicht weiter und befällt weitere Gewebeteile erst im Frühling des nächsten Jahres, wo sie in etwa 2 Monaten alle Raupen abtötet. Keine Puppen überlebten. In diapausierenden Raupen können wir die Infektion virulent bis 240 Tage im Kühlschrank aufbewahren.

8. Am Beispiel des Raubkäfers *Xylodrepa quadripunctata* L. (Sylphidae) wurde gezeigt, daß durch den Käfer gefressene Sporen von *Th. hyphantriae* ohne Beschädigung den Darm passieren und im Kot für *Hyphantria* infektiös bleiben.

9. An über 13 000 in der Natur beobachteten infizierten Raupen von *Hyphantria, Nygmia* und *Malacosoma* wurde gezeigt, daß sich *Th. hyphantriae* zur direkten Bekämpfung dieser Schädlinge eignet. Wir erzielten jedoch mit den bis jetzt benutzten Methoden keine dauerhafte Wirkung und eine ungenügende Sättigung des Biotopes mit Krankheitskeimen.

Summary

1. During its penetration into the fruit tree biozonose of central Europe, *Hyphantria cunea* was infected in 1953 by the microsporidian, *Thelohania hyphantriae* Weiser.

2. The parasite is characterized by the ribbon-like schizonts of the 1st, schizogony and the sheathed schizonst of the 2nd. The eight-segmented sporoblasts break up before complete maturity. The oval, binucleate spores measure 4—5×2—3 μ.

3. After a 5-day incubation period during which there are only occasional losses due to bacterial septicaemia, there is a sudden severe mortality in which about 70% of the larvae perish. The remainder, weakly infected, mostly live on to pupation time. Only very few infected larvae form pupae and emerge as moths. The microsporidian remains in living pupae up to 190 days.

4. It is shown that *T. hyphantriae* is also transmissible to other fruit tree Lepidoptera: to *Yponomeuta malinella* (limited), *Nygmia phaeorrhoea* and *Malacosoma neustria.* On the other hand, *Lymantria dispar, Bombyx mori, Eriogaster lanestris, Aporia crataegi* and *Stilpnotia salicis* were re-

fractory. In the new hosts, *T. hyphantriae* causes a disease with the same effect as in *H. cunea*. The last hosts, however, took no more food after the 5-day incubation period and remained alive for more than a month before dying.

5. In laboratory tests, infection with *T. hyphantriae* at a high enough dose proved to be always fatal.

6. Field tests showed that larvae were infected up to 100% by sprayed foliage and about 25% died in 14 days. The remainder were dead in about a month. Predators look preferentially for microsporidian-infected caterpillars and thus remove the germ of an infection from the biotope.

7. In the case of *Nygmia phaeorrhoea*, it is possible to infect 1st instar larvae in Autumn, before hibernation, by spraying the foliage. The microsporidian does not develop during the diapause and only attacked actively other parts of the tissues in the Spring of the following year, when it liquefied all the larvae in about two months. No pupae survived. We were able to keep the infection virulent in diapausing larvae for up to 240 days in a refrigerator.

8. Using the predator, *Xylodrepa quadripunctata* (Silphidae), it was shown that spores of *T. hyphantriae* eaten by the beetle pass through the gut unharmed and ate infective for *Hyphantria* in the faeces.

9. From more than 13,000 infected larvae of *Hyphantria, Nygmia* and *Malacosoma* observed in Nature, it is shown that *T. hyphantriae* is of value for direct control of these pests by spraying. With the methods used up to now, however, we obtained no lasting reduction because of the poor spread of the infection (it is not secreted by diseased larvae, it is removed by predators) and insufficient saturation of the biotope.

Literaturverzeichnis

Arbatskaja H., 1954: Rozšírenie priastevníka amerického /*Hyphantria cunea* Drury/ na Slovensku. Pôdohospodárstvo I/2, 125—136.

Böhm H., 1951: Ein neuer Schädling in Österreich. Pflanzenschutz - Berichte VII., Heft 11/12, 177—189.

Boucek, Z.,Šedivy, J., 1954: Blanakřídlí cizopasnici přástevníčka amerického /*Hyphantria cunea Drury*/ v Československu. Zoologické a entomologické listy III/XVIII/, 3, 169—189.

Kudo R. R., DeCoursey J. D., 1940: Experimental infection of *Hyphantria cunea* with *Nosema bombycis*. J. Parasitol., Vol. **26**, No. 2., 123—125.

Nagy B., Reichart G., Ubrizsy, G., 1953: Amerikai fehér szövölepke /*Hyphantria cunea* Drury/ Magyarországon. Budapest 1953. /Mit ausführlicher Literaturliste./

Nonveiller G. et al., 1953: Dudovac. Rezultati dosadašnjeg rada na njegovom proučavanju i suzbijanju kod nas. Zaštita bilja 16—17, 3—178.

Weiser J., 1953: Příspevek k znalosti parasitů přástevníčka amerického /*Hyphantria cunea* Drury/. Vestník Čsl. spol. zoolog., XVII, 228.

Weiser, J., 1956: Kmznalosti nemocí přástevníčka amerického a bekyne zlatoritné. Věstník čsl. zoologické společnosti, XX. Im Druck.

Weiser J., Veber, J., 1954: Možnosti biologického boje s přástevníckem americkým /*Hyphantria cunea* Drury/. Zoologické a entomologikě listy, III /XVIII/, 1, 55—68.

Weiser J., Veber J., 1955: Možnosti biologického boje s přástevníčkem americkým /*Hyphantria cunea* Drury/ II. Československá parasitologie II., 191—199.

Some parasitic Hymenoptera associated with lac

by

S. Mahdihassan

With 12 figures

One chalcid which has not been recorded from any other lac than that of Mysore is *Aplastomorpha calandrae,* How. As mentioned before (1) my specimens were kindly identified by Prof. Masi and by Dr. Gahan. I have not been able to trace its host but indirect evidence points it to be the pupa of *Microbracon greeni.* In fig. 1, the female, and in fig. 2, the male of *A. calandrae* have been illustrated. These pictures are being offered in the hope that the attention of other workers would be drawn more forcibly than before and may lead to the establishment of another host, of this chalcid, which is associated with lac.

Fig. 1. *Aplastomorpha calanarae,* How. — Female

An illustration of *Tachardiaephagus tachardiae,* How., appears in the Memoir of Stebbing (2). Possibily it is the earliest picture of the adult insect. In as much as no notice has been taken of this fact it calls for some consideration. Stebbing's, figs. 5 and 5 a on Plate II, represent two views of the insect, as seen from above, with the wings spread out, and as seen sideways,

with the wings folded above. The first picture, fig. 5, is reproduced here as fig. 3. STEBBING explains his two illustrations as the "Dorsal and sideview of Tachnid, two winged fly, Masciera? sp., possibly parasitic on the larva of the parasitic moth *Eublemma amabilis*." When we look at the wings, fig. 3

Fig. 2. *Aplastomorpha calandrae*, How. — Male

here, the veination is typical of a chalcid. My limited knowledge of diptera does not enable me to mistake this type of veination as belonging to any insect of that order. The thorax and the abdomen taken together identify the genus *Tachardiaephagus*. The head is represented dark which is typical of the species *tachardiae*. Thus the insect is identified correct to the species, or as *Tachardiaephagus tachardiae*, How. When a delicate insect, like a chalcid, is mounted alter having been put aside for some time, the antennae, being the most prominent structure, are the first to show damage. The insect must have been very roughly handled before it was mounted and came to be illustrated with the hind wings also as absent. With the loss of such structures the insect did appear anomalous and was classified

Fig. 3. *Tachardiaephagus tachardiae*, How. — Female. As illustrated by Stebbing and called Tachnid

as a *Diptera*. Such an explanation seems easier to believe than that the characters, we strangely miss, have been removed by the artist, Mr. SINGH, according to the instructions of his chief. The mere fact that fig. 3 here shows the head dark enough to identify the insect specifically gives credit to the power of observations of the artist. It is left to the reader to interpret how such a conscientious draftsman could have shortened the antennae and omitted the hind pair of wings.

There is another insect attacking *Lakshadia mysorensis* and *L. nagoliensis*. I formerly thought it to be a distinct species and gave the name *Tachardiaephagus somervilli*. Its female is shown in fig. 4 and the male in fig. 5. In 1923 I (3) wrote that *T. somervilli*, "is easily distinguished from *T. tachardiae* by its greenish yellow eyes and an entirely orange yellow head instead of dark eyes and a metallic coloured head". In fig. 3 here this dark coloured head has been clearly indicated by the artist and the lighter coloured head of the other species is evident from fig. 4, specially on the two illustrations, figs. 3 and 4, being compared with each other.

FERRIÈRE (4), like others before or after him, has not been able to interpret the illustration of STEBBING, fig. 3 here. He has, however, made useful observations stating that "we have not been able to find any morphological differences between these two forms and we propose to call the form, with yellow head, *Tachardiaephagus tachardiae* var. *somervilli*, Mahd. We have found intermediate forms in two females from Malaya in which the head has the vertex, the temples and cheeks dark green, like *tachardiae* and the face and inner margin of the eyes reddish as in *somervilli*". In the light of FERRIÈRE's additional information I have adopted his nomenclature and the pictures have been indicated accordingly. The

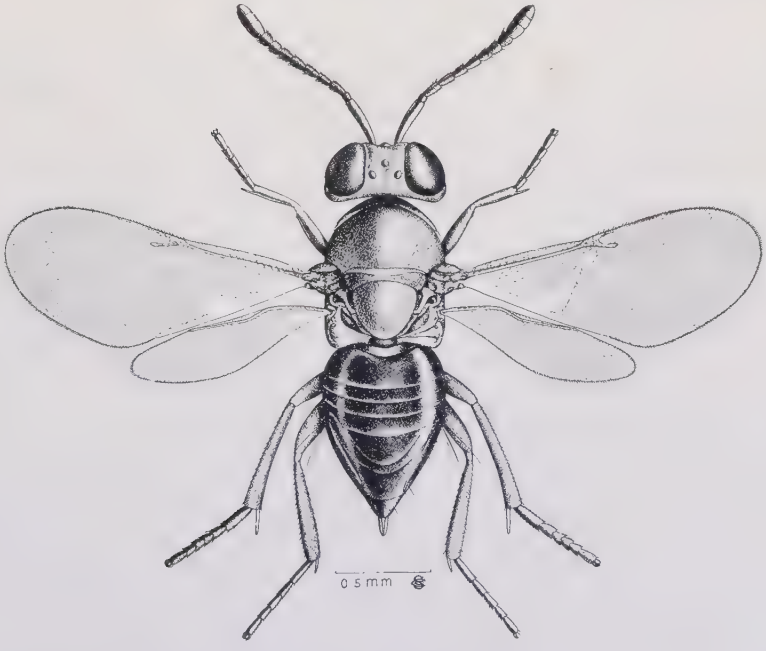


Fig. 4. *Tachardiaephagus tachardiae*, var. *somervilli*, Mahd. — Female

wings, the thorax and te abdomen, do not differ in figs. 3 and 4, whereas the dark head characterises fig. 3 and the lighter, fig. 4. Fig. 5 gives the male of *Tachardiaephagus tachardiae,* var. *somervilli,* Mahd., and fig. 4, its female.

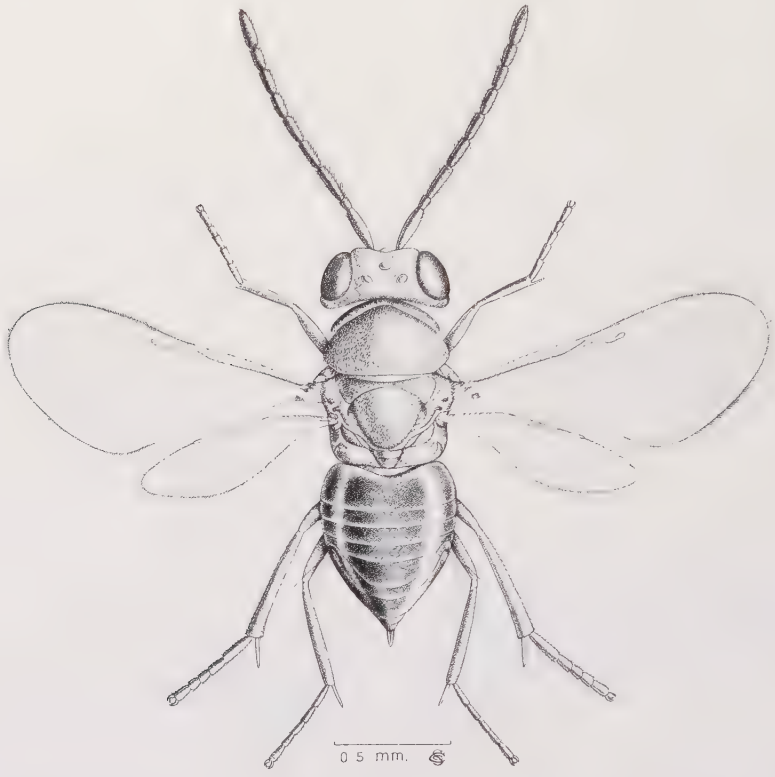


Fig. 5. *Tachardiaephagus tachardiae,* var. *somervilli,* Mahd. — Male

Eublemma amabilis Moore larva is predacious on lac. The former is liable to the attack of an ectoparasite, the larva of the chalcid, *Eupelmus tachardiae* How. Its earliest illustrations, showing, the adult female, male, and wings and legs of the former, have appeared in 1863, when von GERNET (5) considered it to be a species of the chalcid genus, *Pteromalus.* His illustrations, particularly fig. 5 d, shows all the details required for identifying the insect. Much controversy has raged on the host of this parasite. It is found wherever the caterpillars of *Eublemma amabilis* are also present. Even von GERNET, who illustrated *Eupelmus tachardiae,* also offers a picture of the caterpillar of *Eublemma amabilis.* IMMS and CHATTERJEE (6) assumed it to be a parasite either of the predacious moth *Holcocera pulverea* Meyr. or of *Eublemma amabilis.* In 1925 I (7) confirmed the latter insect to be the real host of *Eupelmus tachardiae.* Previously it had been imagined to be the parasite of the lac insect in Ceylon and on this supposition named *Eupelmus tachardiae* by HOWARD. GLOWER (8) has stated this to be an actual fact and, in addition, discovered three other hosts. All the four hosts mentioned by him have been critically noted by

me (3) previously and are as follows: firstly, the lac insect, a secondly, *Machaerota planitiae*, a cercopid; thirdly, *Microbracon greeni*, a braconid; fourthly, *Apanteles tachardiae*, also a braconid. The caterpillar of *Eublemma amabilis*, the real host of this *Eupelmus*, is not one among the four. GLOVER and his co-workers have laid most emphasis on the lac insect serving as the host which would at once result if the name *E. tachardiae* is taken literally. But CLAUSEN (9), in 1927, even in ignorance of my previous finding of 1925, did remark that "in Ceylon, *E. tachardiae* is reported as parasitic upon the lac insect, *Tachardia albizziae*, but in view of our knowledge of the habits of the genus the record must at present be considered questionable". FERRIÈRE (4), writing in 1935, also states that, "GLOVER (1930) has observed that *E. tachardiae* can be either a primary parasite of *Tachardia lacca* or a hyperparasite. Like several European *Eupelmus* it has probably several hosts and may not be specially related to the lac insects". The interested reader can convince himself on a critical study of the references cited here and of other literature mentioned in these communications.

STEBBING in his fig. 3, Plate II, illustrates, what he calls, "a Chalcid fly parasite". On p. 20 of the text he writes that "it is too early to say whether this fly is parasitic upon the lac insect or upon some of the insects which prey upon the Tachardia". It has been drawn from life by the same

Fig. 6. *Eupelmus tachardiae*, How. — Female

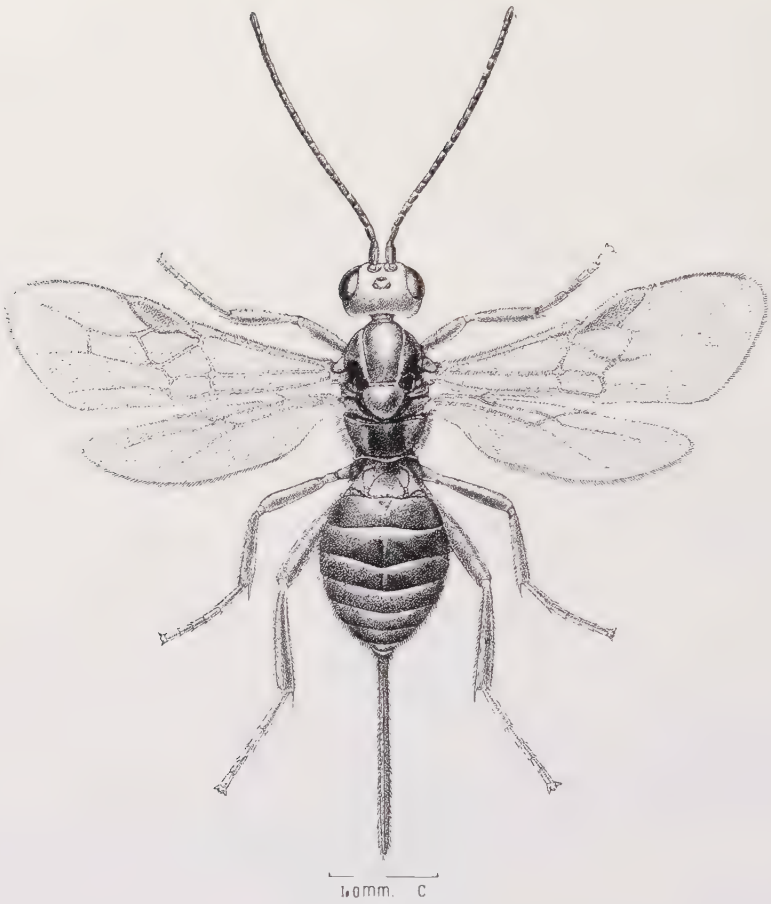


Fig. 7. *Bracon greeni,* Ashm. — Female

artist, Mr. SINGH, who illustrated STEBBING's "Tachnid", fig. 3 here. The illustration enables it to be identified as *Eupelmus tachardiae,* How., the female insect. It is therefore identical with von GERNET's previous illustrations, mentioned before. An enlarged original picture is offered in fig. 6 here which confirms fig. 3, Pl. II of STEBBING and fig. 5 d, Plate I, of von GERNET, both of the female *E. tachardiae.*

The predacious caterpillar commonly attacking lac is that of *Eublemma amabilis* which, in its turn, is universally attacked by *Eupelmus tachardiae,* and explains how it has been illustrated by von GERNET and by STEBBING. Next in order comes *Bracon greeni,* Ashm. I have found it in most sources of lac; but it is apparently absent from Sind Lac. In 1925 when I (7) reported on lac parasites I could not mention the existence of this bracon in Sind. From 1954 till now I have studied three crops of Sind lac but not a single specimen of *Bracon greeni* could be reared so far. Unfortunately no other writer has worked on Sind lac and my findings therefore cannot be compared with those of another. It seems worth while quoting a previous statement which is as follows: *Bracon tachardiae,* CAMERON, "has not been

Fig. 8. *Bracon greeni,* Ashm. — Male

met with *Lakshadia sindica,* no doubt on account of insufficient material received here (in Bangalore) which, it may be remembered, did however give rise to *Eupelmus tachardiae.* From *Lakshadia albizziae* material GREEN reared *Bracon greeni,* Ashm. and I should not be surprised to hear it is identically the same insect for which CAMERON has given a different designation". Subsequent workers have confirmed as synonyms CAMERON's, *Bracon tachardiae* and ASHMEAD's *B. greeni.* More than one writer has illustrated this bracon. I nevertheless feel tempted to offer fig. 7, as the female *Bracon greeni,* Ashm., and fig. 8, as its male.

Eurytoma pallidiscapus, Cam., is a chalcid first described by CAMERON, in 1913. With regard to its host all he informs us is that it was reared in "Dehra Dun. Out of lac; (in) November". IMMS and CHATTERJEE, in 1915, could give, on page 35, only the following information: "*Eurytoma pallidiscapus,* Cam. Four examples of this species were reared from lac obtained from the Siwalik forest and none have been obtained from any other locality. Rare". Further, even under the heading *Holcocera (Hypatima) pulverea,* MEYR, on pp. 31-32, no suggestion is offered by them to any insect as its probable parasite. It is therefore not a little surprising to read FERRIÈRE, writing in 1935, on p. 394 that, "IMMS and CHATTERJEE mention this species as a rare parasite of *Holcocera*". In 1929, I (10) had an occasion of illustrating the pupae of *Holcocera pulvera,* attacked by *Brachymeria tachardiae,* Cam. and by *Eurytoma pallidiscapus,* Cam. In this short note I

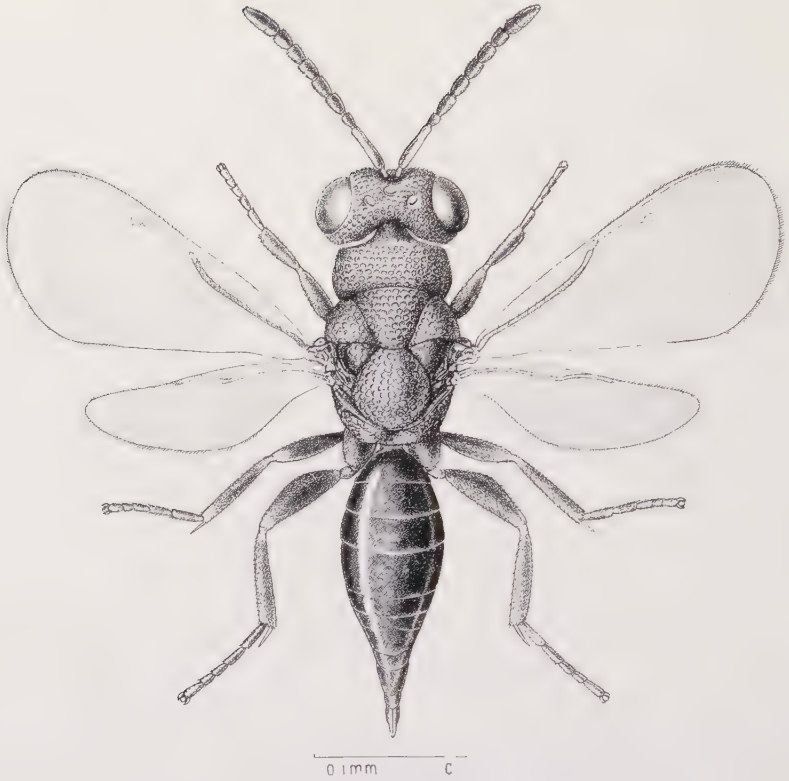


Fig. 9. *Eurytoma pallidiscapus*, Cam. — Female

had given all previous references to the hosts of *Eurytoma pallidiscapus*. Neither at the time nor now, in the light of FERRIÈRE's statement, can I find any previous suggestion whatsover as to the host of this chalcid. This paper of 1929 has been mentioned by FERRIÈRE, which seems all the more surprising as to the discovery of the real host of *E. pallidiscapus* having been mentioned in 1915. With all due respects to him I must interpret his statement as a slip of his pen. The earliest finding would therefore be the one made by me (7) in 1925 which is as follows:

"*E. pallidiscapus*. Pupae of *Holcocera pulverae* in Mysore lac is frequently attacked by *E. pallidiscapus*. It is also found associated with lac from the following localities: Hoshiarpur (C. P.), Bhairaich (U. P.), Palamau (Bihar), Jubbulpore (C. P.) and Sohagpur (C. P.). Both sexes have been reared". In 1934 GLOVER (8), without acknowledging any record by a previous worker, could however only repeat that *E. pallidiscapus*, Cam. is "Endoparasitic on the pupa of *Holcocera pulverea*. This species is not an important parasite. Adults emerge from lac confined in parasite cages in small numbers at the periods of crop maturation". This is the entire text. In as much as the full insect has not been illustrated so far, fig. 9 shows the female *Eurytoma pallidiscapus*, Cam. and fig. 10, its male.

Ever since 1923 I (3) have been stressing the fact that there are at least five species of lac on the continent of India-Pakistan. At least one species,

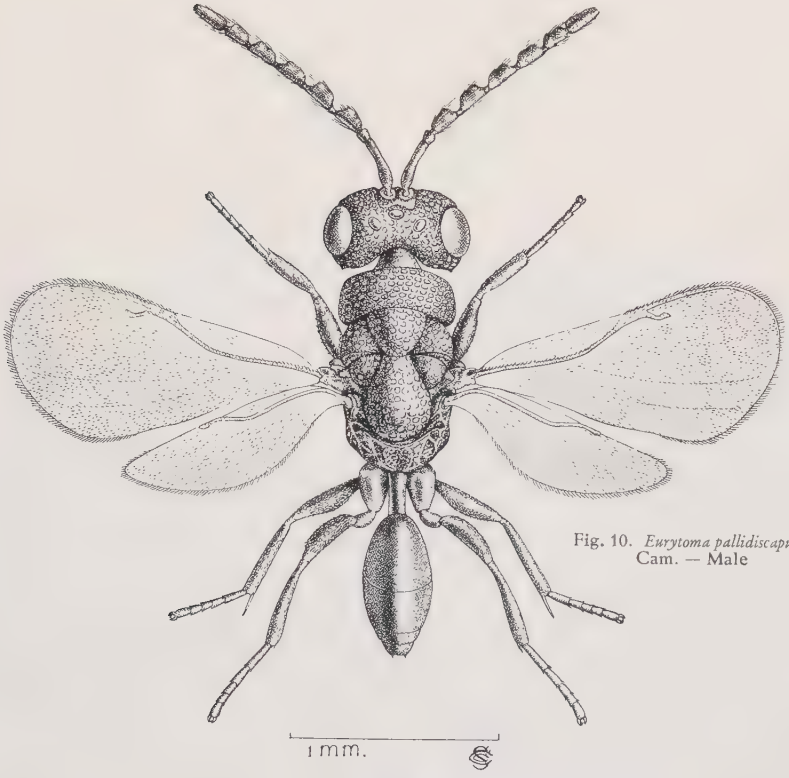


Fig. 10. *Eurytoma pallidiscapus*, Cam. — Male

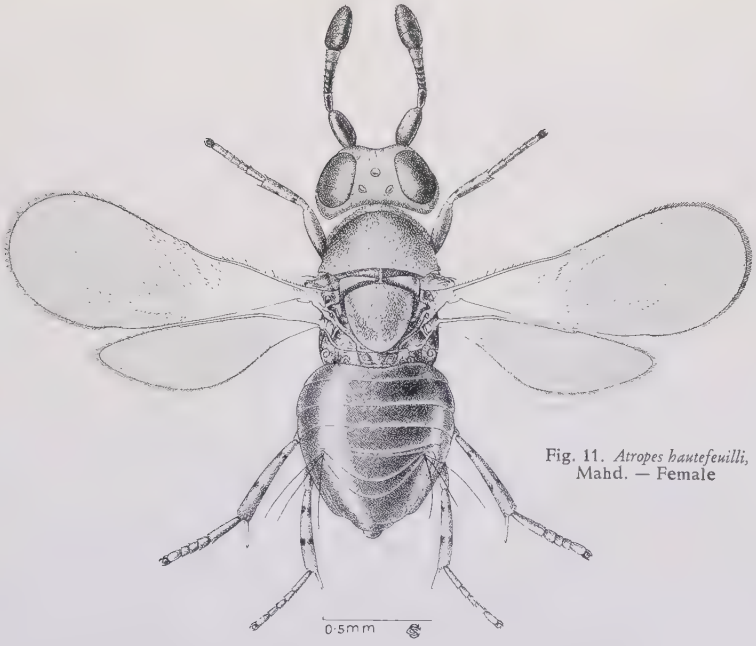


Fig. 11. *Atropes hautefeuilli*, Mahd. — Female

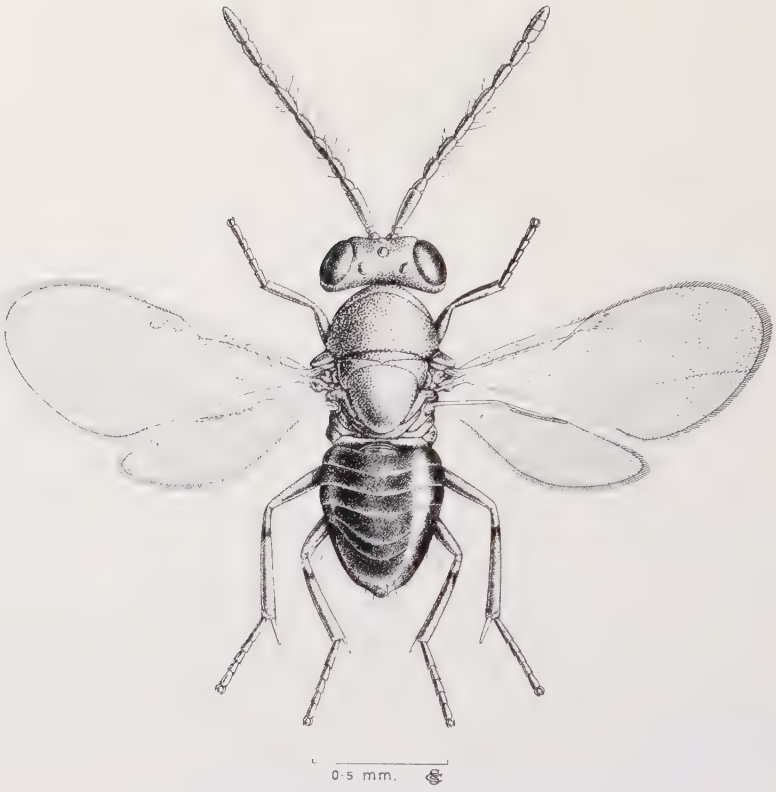


Fig. 12. *Atropes hautefeuilli,* Mahd. — Male

Lakshadia fici, GREEN, has been confirmed as a distinct species by myself (3) and by CHAMBERLIN (11) quite independently of each other. I also found (12) other occasions to point out that the Kashmir lac insect and that of Rajputana is *L. fici,* Green. Likewise CHAMBERLIN's *L. rangoonesis* (13) is only a "Crown-shaped" cell (14) of the species *Lakshadia chinensis* which has not been recognised, as such, so far, not even by CHAMBERLIN, who claims to have discovered *L. rangoonensis.* Now *L. chinensis* has a chalcid parasite specific to it. It was first classified as *Microterys hautefeuilli* but FERRIÈRE (4) has corrected it and is now to be placed in a genus close to it and to be designated accordingly as *Atropates hautefeuilli.* I tried to cultivate brood lac of *L. chinensis* on *Acacia farnesiana* at Bangalore in a small plot of land where other species of lac were also growing. *A. hautefeuilli* did not attack any other lac. It became, on the contrary, subjected to *Eryncyrtus dewitzi* far more than to other chalcid parasites. This chalcid is more primitive than *Tachardiaephagus,* which as a genus, is specific to lac. The full insect has not been illustrated so far and fig. 11 presents the female *Atropates hautefeuilli,* Mahd. and fig. 12, its male.

Zusammenfassung

Die in Lackinsekten parasitierenden Braconiden und Chalcididen werden beschrieben und abgebildet. Einige von ihnen sind eng mit den

räuberisch an Lackschildläusen lebenden Präimaginalstadien von *Eublemma amabilis* Moore (Noctuidae, Lepidopt.) und *Holcocera pulverea* Meyr *(Blastobasidae, Lepidopt.)* vergesellschaftet.

Bibliography

1. Mahdihassan, S. (1937): An amphibious parasite from lac. Current Sc. (Bangalore); **6**; 61.
2. Stebbing, E. P. (1910): Note on the lac insect. Ind. Forest Mem., Vol. I, Pt. III.
3. Mahdihassan, S. (1923): Classification of lac insects from a physiological standpoint. J. Sci. Asso. Maharajah's Col. Vizianagram, **1**; 71.
4. Ferrière, Ch. (1935): The chalcidoid parasites of lac insects. Btn. Ent. Res., **26**; 396.
5. von Gernet, C. (1863): Einiges über *Coccus lacca* und dessen Parasiten. Btn. Soc. Imp. Nat. Moscou. Vol. 36, P. II, Tab. I.
6. Imms, A. D., and Chatterjee, N. C. (1915): Structure and biology of *Tachardia lacca.* Ind. Forest Mem., Vol. III, Part I. Calcutta.
7. Mahdihassan, S. (1925): Some insects associated with lac. J. Sci. Asso. Maharajah's Col. Vizianagram; **2**, 76.
8. Glover, P. M. (1934): Chalcidoidae bred from the lac insect. Indian Lac Res. Inst. Btn. 21; page 2.
9. Clausen (1927): Ann. Ent. Soc. America; **20**, 470.
10. Mahdihassan, S. (1929): Pupal parasites of *H. pulverea.* Btn. Ent. Res.; **19**, 355.
11. Chamberlin, J. C. (1923): A Monograph of lac insects. Btn. Ent. Res.; **14**, 168.
12. Mahdihassan, S. (1953): *Lakshadia fici,* Green, with its red and yellow forms. Indian Forester; **79**, 366.
13. Chamberlin, J. C. (1925): Supplement to a Monograph on lac insects. Btn. Ent. Res.; **16**, 35.
14. Mahdihassan, S. (1938): Sexual dimorphism among lac insects. VII. Int. Kongreß f. Ent.; Page 1234.

Aus dem Institut für angew. Zoologie, München

Einschleppungsgeschichte und Verbreitung des *Xylosandrus germanus* Blandf. in Westdeutschland (nebst einem Anhang: *Xyleborus adumbratus* Blandf.)

Von

Heinrich E. Wichmann, Hebertshausen-München

Mit 4 Abbildungen

Die Nachsuche nach dem Japan. Nutzholzborkenkäfer im Jahre 1954 hatte ergeben, daß dieser Holzbrüter im klimatisch milden westdeutschen Raume sich mehrere Verbreitungsräume aufgebaut hat und hier ähnlich wie in seiner Heimat, mehrere Baumarten bebrütet. (Wichmann 1955). Die Frage, wie *Xylosandrus germanus* in das Bundesgebiet gelangt war und ob diese Einschleppung weitergeht, mußte damals noch offenbleiben. Gegen Ende der vorjährigen Untersuchungen war der begründete Verdacht aufgekommen, *Xylosandrus germanus* könnte direkt aus seiner Heimat mit Importen japan. Hölzer zu uns gelangt sein.

Die weitere Suche hierauf abzustellen mußte eine dringende Forderung im Arbeitsprogramm des Jahres 1955 sein.

Die Einbürgerung an mehreren, einstweilen noch selbständigen Besatzgebieten von äußerst verschiedener Größe bietet für die Zukunft die Gelegenheit, das Wachstum und Verfließen und überhaupt die Eroberung des potentiellen Areals zu verfolgen. Welche mitteleuropäischen Räume potentielles Verbreitungsgebiet des *Xylosandrus germanus* sind, ist zur Zeit nicht überschaubar. Mir scheinen die höchstgelegenen Vorkommen geeignete Fingerzeige für die möglichen Grenzlagen zu sein. Der 1954 festgestellte höchstgelegene Fundpunkt, der Berg Eichwald bei Vögisheim mit 410 m SH, ist durch die Funde von 1955 überboten: bei Ober-Eggenen lagen die *germanus*-Fundstellen bei etwa 450 m und bei Gailingen annähernd bei 510 m SH.

Daß im weiteren Verlauf die im Rheingraben zwischen Darmstadt und Badenweiler sich reihenden Vorkommen einmal zusammenfließen und zum Kerngebiete für das weitere Raumgreifen werden, ist offenkundig. Die dazwischen gelegenen, edaphisch begründeten ausgedehnten Föhrengebiete werden im Norden diesen Ablauf verzögern. Ob der auf einem Bruchsaler Holzlager entdeckte Verbreitungspunkt * Groß-Rohrheim (südl. von Gernsheim a. Rh.)[1]) ein Zwischenpunkt zwischen Messel und dem etwa 75 km entfernten Neckarberglande werden wird, ist nicht erkennbar. Wie Erfahrungen lehrten, können erste Einnistungen wieder erlöschen. Erst die Suche am in der Forstkarte genau abgegrenzten Herkunftspunkte des Käferstammes kann den Fortbestand eines Einnistungspunktes im Walde bestätigen.

[1]) Auf Holzlagern gefundene, noch nicht im Walde nachgeprüfte Punkte sind mit * gekennzeichnet.

Zur Einschleppungsgeschichte

Bei den ersten Erhebungen über die Verbreitung des *Xylosandrus germanus* und die wahrscheinlichen Einschleppungswege, fiel GROSCHKE (1952) die wirklich unmittelbar benachbarte Lage des Messeler Fundortes zum Güterbahnhof von Arheilgen auf.

Dr. GROSCHKE, mit dem ich im September 1952 die Messeler Örtlichkeiten beging, sah als nächstliegende Möglichkeit die Einschleppung aus USA. Dies war eine durchaus vertretbare Annahme, denn zweifellos wurden aus dem auf der atlantischen Seite gelegenen Adventivraum des japanischen Käfers stammende Gütertransporte, laufend auch in Hessen verfrachtet.

Von ähnlichen Überlegungen ausgehend sagt KAMP für seinen Schwaigerner Fundpunkt, daß „in der Nähe der große Verschiebebahnhof Heilbronn" liegt. Es sind jedoch in der Luftlinie mehr als 10 km! Damit trifft auch die GAUSS'sche Angabe: „Auffallend ist nur, daß seine ersten Fundorte in Europa in unmittelbarer Nähe größerer Verschiebebahnhöfe liegen", nicht ganz zu.

Meine ersten Erhebungen zielten in dieselbe Richtung. Bei der 1954 begonnenen Nachsuche nach *Xylosandrus germanus* war mir bekannt, daß große Mengen Altkistenhölzer amerikanischer Herkunft an einigen Stellen des Bundesgebietes frei verkauft wurden. Da die US-Pflanzen-Einfuhrkontrolle vielfach auf das Verpackungsmaterial, als Träger ausländischer Insekten gestoßen war, widmete ich einige Wochen der gründlichen Untersuchung von Altkistenbrettern und Staffelhölzern amerikanischer Herkunft.

Eichenbretter waren unter diesen nicht selten. Sie waren häufig und in sehr starkem Maße vom Larvenfraß eines *Hylocoetes* durchsiebt. Aber Fraß des japanischen Käfers fand sich nie.

Mit dem Besuche größerer Werke der Holzindustrie ergab sich eine neue Spur: Noch bevor die richtige Informationsquelle ermittelt werden konnte erfuhr ich in unbestimmter Form, daß in der deutschen Holzindustrie viel japanische Eiche verarbeitet werde. Die weiteren Erhebungen bestätigten dies in vollem Umfange. Um es vorweg zu nehmen: *Xylosandrus germanus* ist zweifellos mit eingeführtem japanischen Eichenholz unmittelbar aus Japan zu uns verschleppt worden.

Es gelang, 1955 noch einige Männer zu befragen, die seinerzeit mit solchen Importen zu tun hatten, ja, sie von Beginn an erlebt hatten. Zwar litten meine Nachforschungen darunter, daß nur noch wenige, einer kritischen Aussage fähigen Personen am Leben sind, und daß alle diesen Handel betreffenden Geschäftspapiere längst ausgeschieden und vernichtet sind, oder durch Kriegseinwirkungen verloren gingen. Aber die Tatsache eines beträchtlichen Umfanges der seinerzeitigen japanischen Holzimporte wurde von allen Befragten übereinstimmend angegeben.

Danach kam die japanische Eiche — nachweisbar seit 1907 — verfrachtet in ganzen Schiffsladungen von der japan. Firma Mitsui, nach den Häfen Antwerpen, Amsterdam und Rotterdam, wurde daselbst in Rheinkähne umgeschlagen, rheinauf nach Mannheim gebracht und von da aus an die Verbraucher verteilt. Ein bedeutender deutscher Einfuhrhafen war Hamburg.

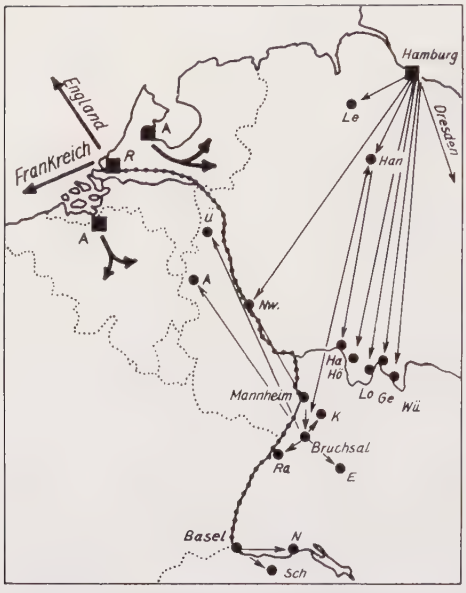


Abb. 1. Verfrachtungswege und Lagerorte frisch importierten japanischen Eichenrundholzes. ■ Seehäfen (Antwerpen, Rotterdam, Amsterdam), •••• Verfrachtung auf Rheinkähnen. ● Lagerorte: A Aachen, E Eßlingen, Ge Gemünden, Ha Hanau, Han Hannover, Hö Hösbach, K Kirchheim, Le Lemwerder, Lo Lohr, Nh Neuhausen, Nw Neuwied, Ra Rastatt, Sch Schlieren, Ü Ürtingen, Wü Würzburg

Von Mannheim, aber auch von Hamburg gingen große Mengen nach Bruchsal, einem Lagerungs- und Verteilungsorte ersten Ranges. Ganze Schiffsladungen kamen in die Schweiz nach Basel und von da weiter nach Schlieren bei Zürich und Neuhausen bei Schaffhausen. Sehr viel nahm Neuwied auf. Von Bruchsal wurden die in Japan mit der Axt waldkantig behauenen Blöcke verkauft nach Rastatt, Hannover, Heidelberg-Kirchheim, Eßlingen, Aachen, Ürtingen bei Krefeld und vielleicht nach Mainz. Hamburg lieferte nach Neuwied, Hösbach, Hanau, Gemünden, Lohr am Main, Würzburg, Lemwerder bei Vegesack, nach Hannover und Bruchsal und Tausende von Festmetern nach Dresden (Abb. 1).

Dies waren die Hauptendpunkte der Rohholzverteilung!

Zum Teile blieben frisch importierte Stämme auch in Belgien und Holland. Ferner ist das Material verschifft worden nach Dünkirchen, Le Havre, Marseille und Genua. Einiges wurde nach Liverpool, London, Glasgow gebracht, sogar nach Schweden (Göteborg) dürften Blöcke über Hamburg gekommen sein.

Verbürgt ist die Weiterverschiffung von Hamburg nach Australien (Melbourne, Sidney) und Neuseeland (Wellington, Dunedin), das meiste wohl als Schnittholz, aber in nicht mehr erinnerlichen Mengen auch als Rohblöcke.

Diese Angaben allein zeigen ein beachtlich weites Streuungsgebiet. Bei den bedeutenden Holzmengen die zur Verschiffung gelangten, wäre es nicht verwunderlich, wenn mit der Zeit da und dort in anderen Ländern bisher unentdeckte japanische Laubholzkäfer zum Vorschein kämen.

Welche Mengen insgesamt eingeführt wurden, war nicht mehr zu ermitteln. Es gab Firmen, die in den besten Jahren, z. B. 1912: 40 000 t bezogen hatten und 1925 und 1926 jährlich ebensoviel. Das gibt immerhin Anhaltspunkte über die Einschleppungsmöglichkeiten. Eine andere Firma nannte rund 50 000 t als eine ihrer großen Jahreseinfuhren. — Dabei erscheint mir weniger wichtig eine statistische Kritik an diesen aus später Erinnerung gegebenen Zahlen zu üben, als ihre absolute Größenordnung zu beachten.[2])

[2]) HOWARD, A Manual of the timbers of the World, London 1951 berichtet auf p. 419 über die Einfuhr japanischer Eiche: "In 1920 the shipments to the Continent had reached the enormous total of 50,000 loads per annum. The timber comes in from the North island of Hokkaido, and is shipped from the ports of Otaru, Muroran, and Kushiro."

Die Einfuhr japanischer Eiche begann etwa 1906, wahrscheinlich aber erst 1907. Noch am 6. August 1914 löschte ein 10 000 t-Dampfer seine Ladung und ein für Bruchsal bestimmter letzter Dampfer wurde bei Kriegsbeginn, 1914 im Mittelmeer beschlagnahmt.

Nach dem ersten Weltkriege begannen die deutschen Importe „sicherlich gleich 1919" wieder. Sie sollen bis 1929 angedauert haben. Nach dem zweiten Weltkriege trat eine einschleppungsgeschichtlich wichtige Änderung durch das japanische Ausfuhrverbot für Rundholz ein. Ab 1949 kamen nach Deutschland als gröbste Rohsortimente in der Regel nur „Flitsches" (halbierte Stamm-Abschnitte von trapezförmigem Querschnitt) (Abb. 2). Konnte *Xylosandrus germanus* mit ihnen nur mehr ausnahmsweise eingeschleppt werden?

Nach Bruchsal sollen die ersten japanischen Eichen 1912 gekommen sein.

Von den Holzfachleuten war der botanische Name der „japanischen Eichen" nicht zu erfahren. Daß die großen Qualitätsunterschiede der eingeführten Hölzer nicht allein auf Standortunterschiede zurückzuführen seien, war allgemein bekannt. Nach Howard[3]) sind es die Arten

Quercus mongolica Turcz. var. *grosseserrata* (Bl.), „Ohnara",
Qu. glandulifera Bl., „Konara" und
Qu. dentata, Thunb., „Kashiwa",

die als japan. Eiche eingeführt werden. S. Gayer sagt, daß unter diesem Sammelnamen mehrere Arten ostasiatischer Herkunft eingeführt werden, hauptsächlich „die japanische Stieleiche, *Qu. glandulifera,*" „Konara" und die japanische Krauseiche, *Qu. crispula,* „Onara".

Herrn Doz. Dr. H. Merxmüller, Botanische Staatssammlung München, verdanke ich folgende Auskunft: *Quercus mongolica* ist eine nichtjapanische Art. *Querc. mongolica* var. *grosseserrata* (Bl.) ?=*Qu. crispula* var. *grosseserrata* (Bl.) Miq. und wird als „Onara" oder „Ohnara" bezeichnet. Von anderen Autoren wird für *Qu. crispula* var. *grosseserrata* der Name „Mizunara" angegeben.

Qu. glandulifera gehört zu der Gruppe *Erythrobalanos* (Rot- und Schwarzzeichen), alle übrigen zu *Lepitobalanos.*

Welche dieser Arten historisch der Träger des bekanntlich sehr polyphagen *Xylosandrus germanus* war, ist nicht mehr festzustellen.

Mein erfahrenster Gewährsmann aus dem Holzhandel hat zweimal die Herkunftslagen der japan. Eiche, stark ausgeschlagene Bauernwälder auf Hokkaido in 700 bis 800 m SH, besucht. Das Holz wurde in den Hauptmengen über Otaru, und in kleineren Mengen über Kushiro und Muroran verschifft. Die technisch weniger wertvolle, in manchem an die Zerreiche erinnernde Eiche von Kushiro behält über Winter die Blätter und hat mehr rotbraune Rinde. Ihr Holz ist brauner als das von nördlicheren Gegenden kommende. Die Fällung geschah im allgemeinen in den Wintermonaten. Die Stammabschnitte konnten mehr oder minder lange am Fällungsorte liegen bleiben, wurden dann zu Tal gerückt und da, wieder nach verschieden langem Lagern, mit der Axt zu annähernd vierkantigen Blöcken beschlagen.

Für die Beurteilung des Holzes als Träger von Holzinsekten wichtig ist die übereinstimmende Angabe aller Befragten, daß so gut wie

[3]) Howard, siehe Fußnote S. 2.
Gayer, S., Die Holzarten und ihre Verwendung in der Technik, 7. Auflage, herausgegeben von Erwin Gayer. Leipzig 1954.

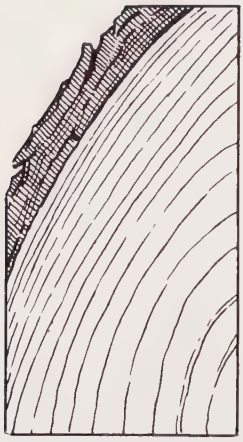


Abb. 2. Schnitt durch Flitche mit breiter berindeter Waldkante

immer mehr oder minder breite Waldkanten, d. h. unberührte Oberflächenstreifen von 10 — 20 cm Breite verblieben.

Etwas krumme Stammabschnitte waren oft nur stückweise soviel behauen, daß sie flache Auflager bekamen und rollsicher zwischen die anderen Blöcke der Schiffsladung paßten. Die unbehauenen, berindet gebliebenen Flächen konnten an solchen Stücken weit überwiegen. Von den meisten Berichterstattern wird spontan die auf den Waldkanten gewöhnlich haften gebliebene Rinde erwähnt.

Die Fällungszeit konnte im allgemeinen nicht mehr erfragt werden. Die Ladungen liefen das ganze Jahr hindurch in den europäischen Häfen ein. Mir wurde Mai, August, Oktober als Ankunftszeiten genannt. Die Annahme ist daher berechtigt, daß Stammabschnitte zur Flugzeit der Käfer in Japan in Fluggebieten gelegen haben und dort dem Befall ausgesetzt waren.

Hier ist folgende, zur Zeit bloß aus dem europäischen Raume des *Xylosandrus germanus* bekannte Eigenheit anzuführen, die bei vielen tropischen *Xyleborus*-Arten und abgeschwächt bei einheimischen Holzbrütern wiederkehrt: An Stammholz dringt er besonders auf den entrindeten Meßringen der Stammitte ein. Von mehreren südbadischen und hessischen Forstämtern konnte die Fällungszeit bestimmter, *germanus*-besetzter Stammhölzer mindestens auf die Woche genau angegeben werden: sie lagen zwischen November und Jänner. Nun fliegt der Jap. Nutzholzborkenkäfer im Juni[4].) Die angeflogenen Meßringe müssen nach so langer Zeit unvermeidlich in ihrer obersten Schicht übertrocknet sein und dennoch locken sie zum Einbohren. — Es könnten also entlang der Rinde der Waldkanten die Holzteile den Käfer auch auf den in der Heimat beschlagenen Stammhölzern angelockt haben.

Es ist verbürgterweise oft vorgekommen, daß Stammholz japanischer Eiche in großen Mengen bei uns bis zur mitteleuropäischen Flugzeit des *Xylosandrus germanus* unverschnitten auf Holzplätzen lagerte. Ein etwaiger *germanus*-Besatz konnte also zum physiologisch richtigen Zeitpunkte ausschwärmen. Ob eine auf Grund amerikanischer Erfahrungen auch für das klimatisch milde Japan denkbare II. Generation als ein die Invasions-Wahrscheinlichkeit vergrößernder Faktor unterstellt werden darf, muß offen bleiben. Es ist denkbar, daß nicht nur Bruten der I. Generation mit flugbereiten Insassen ins Land kamen, sondern ebenso Besatz einer japanischen II. Generation.

Folgendes sind, aus dem oben Angegebenen herausgegriffen, die für die Einschleppungsgeschichte wichtigsten Feststellungen und Folgerungen:

---

[4]) Nach KAMP in Schwaigern 11. Juni 1952 Einbohren zahlreicher ♀♀, in der Südpfalz (Bienwald) Juni-Juli 1953.

Xylosandrus germanus ist in den Jahren 1907—1914 und 1919—1929 (17 mögliche Einfuhrjahre) unmittelbar aus seiner japanischen Heimat mit eingeführtem japanischen Eichennutzholz eingeschleppt worden. Die riesige Menge dieser Holzimporte hat jedenfalls die Verminderung der Besatzflächen ausgeglichen, entstanden durch das aus Transportgründen geübte „Beschlagen" der Stammhölzer. Es sind regelmäßig sehr ansehnliche Rindenreste auf den sogenannten Waldkanten verblieben, wobei, europäischen Erfahrungen zufolge, gerade die Grenzstreifen entblößten Holzes entlang der Rinde, erhöhte Anlockungskraft haben mochten. Das japanische Holz kam zu allen Jahreszeiten. Es konnte also in Japan vielfach über die Flugzeit in Flugräumen des *Xylosandrus germanus* gelegen haben, von dessen Flugzeit, horizontaler, wie Vertikalverbreitung und Häufigkeit in Japan leider nichts bekannt ist. Weil es bei uns vielfach monatelang, auch über den Winter lagerte, war seinen Insassen sicher oft ein zeitgerechter Ausflug möglich. — Seit dem japanischen Ausfuhrverbot für Rundholz von 1949 kann theoretisch kein besetztes Holz nach Mitteleuropa gelangen, trotzdem die Einfuhr von Eiche aus Japan noch heute, wenn auch stark vermindert, weitergeht. Tatsächlich bestehen aber noch immer Einschleppungsmöglichkeiten, wenn sie bis jetzt auch nicht für *Xylosandrus germanus* selbst nachgewiesen sind. (Siehe S. 98.)

Offensichtlich muß B r u c h s a l der erste und älteste Einbürgerungspunkt gewesen sein. Warum die Einbürgerung nicht auch an den vielen in der Karte 1 gezeigten Verarbeitungs- und Lagerungspunkten des japanischen Holzes geschah, ist nicht erklärbar. Hier hatte wohl der Zufall seine Hand im Spiele.

Derzeitige Verbreitung im Bundesgebiete

a) NEGATIVE SUCHGEBIETE

E h e m a l i g e L a g e r o r t e f r i s c h i m p o r t i e r t e r j a p a n. E i c h e

Die in Karte 1 eingetragenen Lagerorte von frisch importierter japan. Eiche aus der Zeit der Stammholzeinfuhr waren einer Einbürgerung des *Xylosandus germanus* in hohem Maße verdächtig. In der Wahl der Suchgebiete des Jahres 1955 mußten sie an erster Stelle berücksichtigt werden.

Merkwürdigerweise gelang an keinem dieser Orte ein Fund. Es ist müßig hierüber Betrachtungen anzustellen, denn keiner der Lagerungsumstände ist rekonstruierbar. Voll Mißtrauen in die Verläßlichkeit negativer Suchergebnisse nächst den Lagerorten, dehnte ich die Nachsuche meist weit aus, darauf bedacht, tunlichst viele der dem Käfer zusagenden Brutgelegenheiten zu prüfen.

Es waren die Orte: Heidelberg-Kirchheim[5]), Hannover[6]), Hamburg[7]), Neuwied[8]), Mannheim mit seiner an Laubholz wenig ergiebigen Umgebung; ferner Basel und engere Umgebung, Umgebung von Schaffhausen und Schlieren bei Zürich[9]).

[5]) Buchenhänge oberhalb des benachbarten Dorfes Rohrbach.

[6]) Suchfahrten: Parkwald Erlenried. Hannover-Pferdeturm-Forst Hannover-Wülferode-Böckmenholz. Hannover-Benthern-Kirchwehren-Badenstedt. Im Deister: Egestorf-„Im Tal"-Südwestlagen oberhalb von Nienstedt-Barsinghausen. Weiter: Hohenbostel-Haste-Wunstorf-Steinhude-Seelze.

[7]) Sachsenwald. Forst Hagen.

[8]) Neuwied-Oberbieber-Rengsdorf-Hanhardt-Straßenhaus-Kurtscheid.

[9]) Westlich von Schlieren auf dem Waldrücken Herdler und Steipel.

Verarbeitungsorte von Holz aus *X. germanus*-Wäldern

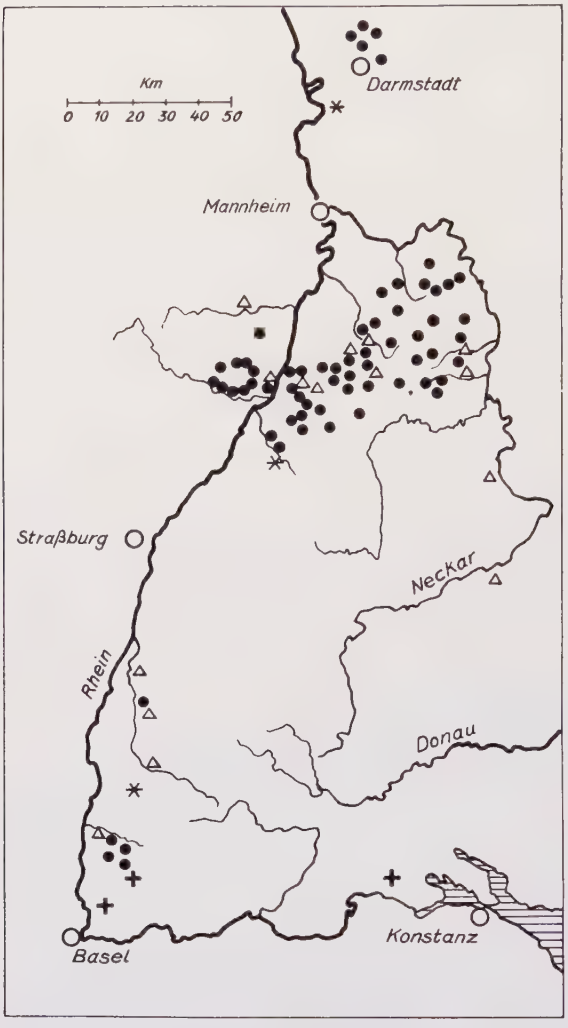


Abb. 3. Die gegenwärtig bekannte Verbreitung von *Xylosandrus germanus* im Dt. Bundesgebiet; ● Fundplätze; ✚ erloschene Vorkommen. ✳ nur auf Holzlagern gefundene; △ Sägewerke mit Käferfunden

An den im Folgenden verzeichneten Lagerungs- und Verarbeitungsorten aus deutschen *germanus* - Wäldern kommenden Holzes konnte der gesuchte Käfer nicht aufgefunden werden: Landau i. d. Pfalz, Annweiler, Kaiserslautern, Kenzingen, Neuenburg in Südbaden, Metzingen, Reutlingen, Stuttgart, Andernach, (Neuwied) und Gütersloh[10]).

b) DAS VERARBEITUNGSGEBIET NECKARBERGLAND

Bei der Käfersuche auf den in Bruchsal lagernden Eichenstammhölzern und bei Waldbegängen konnten für den genannten Bereich einschließlich der Rheinebene 30 neue Besatzpunkte ermittelt werden. Die Kenntnis von 4 weiteren Besatzpunkten verdanke ich Herrn Rev.-Förster A. WIRTH in Güglingen. Sie verdichten zum Teile das von 1954 bekannte Verbreitungsbild, teils lassen sie vermuten, daß der Neckar in nordöstl. Richtung schon überschritten sein könnte (Abb. 3).

Die Zahlen setzen die im vorjährigen Berichte begonnene Numerierung fort. Ein vorgesetzter * besagt, daß der Besatz auf dem Holzplatze festgestellt wurde, aber nicht im Walde überprüft werden konnte. Über die Zweckmäßigkeit dieser Kontrolle siehe S. 82.

25. KARLSRUHE: Weiher Forst, SH etwa 110 m.
26. KARLSRUHE: Elfmorgenbruch, SH etwa 110 m.
27. KARLSRUHE: *Knielingen, Distrikt VII, SH 100 m.

[10]) Die Suchwege und Suchpunkte sind im Tagebuche und auf den Kartenblättern 1 : 100.000 verzeichnet, die im Institut für angewandte Zoologie in München niedergelegt sind.

28. KARLSRUHE: * Staffort, Gemeide-Wald, Distrikt IX, SH etwa 110 m.
29. KARLSRUHE: * Ettlinger Gemeinde-Wald, Waldort Scheibenhardt, SH ungefähr 120 m.

Alle diese Punkte liegen in der Rheinebene. Im eigentlichen Neckarbergland kamen dazu:

30. BRUCHSAL: * Zeutern, Abt. IV/1 (Buchbuckel), SH 220 m.
31. BRUCHSAL: * Ubstadt, Abteilung VIII, bei ca. 200 m SH.
32. BRUCHSAL: Unt.-Öwisheim, nordwestl. von der Ortschaft, bei etwa 120 m SH.
33. BRUCHSAL: Bruchsaler Stadtwald, auf dem Eichelberg, SH etwa 200 m.
34. BRUCHSAL: Untergrombach, auf der südl. Bergkuppe, bei 200 m SH.
35. BRUCHSAL: Obergrombach, nördl. von der Ortschaft, SH 240 m.
36. BRUCHSAL: Weingarten, Karte: Nord-Katzenberg, SH 230 m.
37. BRUCHSAL: Heidelsheim, Waldort Schäfergalgen und Königinsee, SH 160 m.
38. ETTLINGEN: * Ober-Weier, im Bergwald, SH ca. 370 m.
39. ETTLINGEN: * Schöllbronn, Karte: Rimmelsbacher, SH 350 m.
40. EPPINGEN: * Ittlingen, Forstort „Haßlich", SH 230 m.
41. EPPINGEN: Adelshofen, Wald Ebersloch, SH 251 m. Hier wurde der Käfer von Herrn A. Niedermaier gefunden. Ich sah später einen von dort gekommenen besetzten Stamm in Bruchsal. Das Feldgehölz Ebersloch trennen vom nächsten Käferwald (nördlich, Nr. 40, Ittlingen) etwa 1,6 km landwirtschaftliche Fläche. Hier wird eine Minimalstrecke erkennbar, welche *Xylosandrus germanus* über Nichtwaldflächen fliegend, zu überwinden vermag!

Im südlich, zwischen Adelshofen und Rohrbach befindlichen Walde Birkenwald konnte Herr Niedermaier den Käfer auf einer Schlagfläche von etwa 6 ha (Karwoche 1956) nicht entdecken. Fehlt er hier? Dieses kleine Waldgebiet liegt noch isolierter, ziemlich genau im Mittelpunkte einer rund 63 qkm umfassenden Felderlandschaft. Zum relativ nächsten Ebersloch sind es 2,5 km, nach Südwesten, zum Waldgebiete mit dem Fundpunkt Nr. 8, Menzingen, rund 4,5 km und nach Südosten zum Fundpunkt Nr. 14, Stadtwald Eppingen, etwa 5 km.

42. HEILBRONN: Nördl. Strombergrücken, Karte: Roten Berg, SH 410 m.
43. HEILBRONN: Ochsenbach, Forstort Scheiterheule, SH 300 m.
44. HEILBRONN: Gündelbach (südl. Stromberg), Waldteil Tiergarten zwischen Höhenkote 354 und 387, ein ausgedehntes Vorkommen.
45. HEILBRONN: Häfnerhaslach, auf dem Schlierkopf, bei der Höhe 450.
46. BRETTEN: * Knittlingen, Oberer Stocken, SH 196 m.
47. PFORZHEIM: * Stein, Forstort „Rittenhardt", SH zwischen 240 und 290 m.
48. VAIHINGEN: * Freudenstein, Forstort Oberer Köbler, SH 250 m.
49. SINSHEIM: * Michelfeld, im Mühlwald, SH 170 m.

Mit den folgenden 7 Nachweisen nähert sich das Verbreitungsgebiet nördlich und nordöstlich dem Neckar und dem Odenwald und in diesem natürlichen Verbreitungsgrenzen.

50. NECKARBISCHOFSHEIM: * Waibstadt, Forstort Rohrkelnwald, SH ca. 240 m.
51. NECKARBISCHOFSHEIM: * Stadtwald, Abt. Wagenbacher, SH 230 m.
52. NECKARBISCHOFSHEIM: * Flinsbach, Distrikt Hohenberg, SH 250 m.
53. NECKARBISCHOFSHEIM: * Bargen, Distrikt Schöner Forst, SH 250 m.
54. NECKARBISCHOFSHEIM: * Reichartshausen, Distrikt Qualberg, SH zwischen 270 und 330 m.
55. HEIDELBERG: * Dielheim, Distrikt Großer Wald, SH ca. 220 m.
56. HEIDELBERG: * Horrenberg, Distrikt Wallenberg, SH 220 m.

Die beiden folgenden Punkte verdienen einen besonderen Hinweis. Sie liegen in der Rheinebene in einem ausgedehnten Waldgebiet, wo in den Bodenverhältnissen begründet, alte Weißkiefernbestände stocken, die für *Xylosandrus germanus* Ausschlußgebiete darstellen.

57. BRUCHSAL: * Graben, nordwestl. von den Binsen Wiesen, SH 100 m.
58. BRUCHSAL: * Huttenheim, Gemeindewald Distrikt III, SH 100 m.

c) VERBREITUNGSGEBIET BADENWEILER

Die Suche nach Waldbesatz am genau ermittelten Fällungsorte des Stammes von Nr. 19, Ober Eggenen[11]), blieb aber erfolglos. Damit ergab sich zwar ein unerwarteter Sachverhalt, weil aber das 1954 durch zahlreiche Waldfunde festgelegte Vögisheimer Vorkommen des *Xylosandrus germanus* kaum 3 km entfernt liegt, konnte gerade dieses negative Ergebnis in seiner Art wertvoll sein.

Schon 1954 und 1955 bei einer neuerlichen Überprüfung bestätigt, war das Fehlen des Käfers im Walde Kühberg[12]) und auf dem Auggener Berge („Steinacker") festgestellt worden.

Es mußte der Fundpunkt Nr. 19, Ober Eggenen, ein Randpunkt des Vögisheimer Gebietes, oder eher ein kleiner unweit vorgetragener Ausbreitungsherd gewesen sein, der wieder erloschen war. In der Tat trug ein bei der weiteren Suche gefundener Buchenstock, bei Sehringen und näher an Badenweiler gelegen, und von Nr. 19 700—800 m entfernt, einige etwa 2 Jahre alte *germanus*-Gänge.

Das weitere Umkreisen dieses Punktes brachte keine Ergebnisse. Den nächsten Fund machte ich dann an der Abzweigung der Straße nach Hausbaden, wenige Gänge in Tanne (*Abies alba*), was neu ist, und in Fichte. Mehrere Funde in Buche auf dem Ölberg (westl. von Badenweiler) und schließlich in der Abdachung des Berges Eichwald zum Ramsbächle, östlich von den Punkten Nr. 17 und 18. Der Müllheimer Stadtwald, als Fundstelle Nr. 17, schließt unmittelbar an Nr. 18 an. Der aus dem Schwarzwald kommende Klemmbach ist eine orographische Grenzlinie dieses Vögisheimer Areals; er wird zur Zeit noch nicht nach Norden überschritten: Im Eichen- und Buchenwalde des Steinberges, nördl. von Oberweiler, konnte trotz gründlicher Nachsuche *Xylosandrus germanus* nicht gefunden werden.

Ebenso fehlte er längs der Straße Müllheim—Zunzingen—Britzingen und Ober Weiler—Schwärze—Britzingen—Laufen—Ballrechten bis Staufen. — Bei Sulzburg schiebt sich der Nadelwald von seinen höheren Lagen vollends an die Weinberge heran, womit von Süden her der Laubwald immer schmäler wurde. Hier endet ein dem Käfer offenstehender Ausbreitungsbereich, der bei Lörrach beginnende, von den Forstleuten so benannte „Eichenstreifen".

Damit ist ein mitten in besiedelungsfähigem Raume gelegenes kleines Verbreitungsareal umrissen, in dessen gegenwärtigem Rand die Tatsache erkennbar wurde, daß sogar in den außerordentlich milden Lagen Badenweilers — es ist für seine geographische Lage mit 9° C. Jahresmittel zu warm — der Käfer nicht verläßlich in der Lage ist, gewonnenen Besatzraum zu halten.

d) DIE SÜDLICHSTEN FUNDSTELLEN BADENS

Die im ersten Berichte (1955) aufgezählten Fundörtlichkeiten Nr. 19 Ober Eggenen, Nr. 20, Untere Winterhohle und Nr. 21, Gailingen, alle gefunden auf einem Stuttgarter Holzlager, erschienen mir damals als die

[11]) Forstamtsbezirk Kandern, Gemarkung Ober Eggenen, Abteilung II/15 u. 16, Badstraß, gefunden in Stuttgart: 4 Bruten, 73 Käfer.

[12]) Beidseits der Straße Vögisheim—Feldberg, in der Karte 1 : 100 000 unmittelbar über dem Worte „Küh".

Andeutung eines vom Südschwarzwald zum Bodensee ziehenden „Schwerpunktgebietes".

Ihr Sichtbarwerden schien der in Straßburg erhaltenen, an sich wenig greifbaren Information zu entsprechen, daß „in Basel zwei auf japanisches Eichenholz spezialisierte Händler mit beträchtlichem Umsatz" säßen, von wo also eine Waldinvasion konnte ausgegangen sein.

In Wirklichkeit besteht hier kein Großareal. Die genannten Örtlichkeiten waren allerkleinste Fundstellen, sozusagen von Punktgröße.

Nr. 21, Gailingen: Auf dem „Rauhen Berg", von dessen Südhang (Gemarkung Öhnisbuck, SH ca. 510 m) ein einziger 1953/54 dort gefällter Eichenstamm mit *germanus* besetzt gefunden wurde (5 Bruten, 64 Insassen), konnte bei der Begehung 1955 nicht die geringste Spur des Käfers gefunden werden. Auch die Stammabschnitte und Stöcke am Wege von Gailingen zum Öhnisbuck waren leer.

Erst im engsten Umkreise des dazugehörigen Stockes wurden wenige Fraßbilder aus dem Vorjahre, aber keine von 1955 gefunden:

in 11 Eichenstöcken

3 *X. germanus* 76 *X. dryograph.* 2 *X. monograph.* 2 *X. saxeseni* 20 *Pl. cylindr.*

in 4 Buchenstöcken

1 *X. germanus* — — 74 *X. saxeseni* —

Wenn man an Ort und Stelle die abgelegene Lage des Punktes betrachtet, ist es unvorstellbar, wie der Käfer hierher gelangt sein konnte. Auch für das Wiederverschwinden war keine Ursache zu erkennen.

Nr. 20, Wollbach, Forstort Untere Winterhohle. Der in Stuttgart vorgefundene Eichenstamm trug 3 Einbohrungen mit 52 Insassen. In der ganzen Örtlichkeit Winterhohle konnten in den zahlreichen Eichen- und Buchen-Stammhölzern und -Stöcken, ebenso wenig wie bei der über das ganze Revier Hinterer Rottwald und das Nachbarrevier Vorderer Rottwald ausgedehnten Suche, keine *Xylosandrus germanus*-Spuren gefunden werden. Die verkehrsferne Lage des Revieres Hinterer Rottwald ist noch größer als die von Gailingen. Jeder Deutungsversuch wäre abwegig.

Diese Waldbefunde mahnen, tunlichst jedem auf Holzlagern gemachten Käferfund im Herkunftswalde nachzugehen. Im inneren Raume von Großarealen, wie etwa im Neckarberglande, wird der daraus entspringende unmittelbare Gewinn gering sein. Aber schon am Rande von Arealen, die rings von besetzbarem Raume umgeben sind, kann ein Stammabschnittsbesatz bei fehlendem (oder sich nicht durchsetzendem) bodenfestem Besatz (in Stöcken) beachtenswert sein.

Die Annahme eines ausgedehnten Verbreitungsgebietes, gelegen zwischen Kandern und Gailingen, war der Grund für eine intensive Freilandsuche im Raume Gailingen — Gottmadingen—Ebringen—Singen—Aach und bis nahe an Radolfzell. Hier schien orographisch und klimatisch eine Art Paß vorgegeben, wo südlich vom Schwarzwald und der Schwäbischen Alb der Käfer zum Alpenvorland, in ein weit nach Ost leitendes Eichengebiet gelangen konnte. Die an allen Suchpunkten negativen Befunde betonen die Isoliertheit des Gailinger Fundpunktes.

Ebenso brachte keinen positiven Erfolg die Nachsuche um Waldshut, Lörrach, Haltingen, Inzlingen—Wyhlen, Rheinfelden, Lörrach—Adelhausen, Steinen—Höllstein—Hüsingen—Brombach, Schopfheim—Eichen—Wehr, Rümmingen, Wittlingen, Schallbach, Mappach, Hammerstein, Welmlingen, Riedlingen, Hertingen, Liel, Unter-Eggenen, Schliengen, Isteiner Klotz, in den Wäldern um Kandern und um Überlingen am Bodensee.

Weitere, nicht im Walde nachgeprüfte Nachweise von Käferbesatz in Stammholz sind:

59. BENSHEIM: *Groß-Rohrheim.

60. RASTATT: *Bermersbach im Kinzigtale, früh verlassene Einbohrungen ohne Reste des Käfers.

61. FREIBURG: *Pfaffenweiler im Breisgau, auf dem Dürrenberge, SH etwa 430 m.

Ausbreitungsmodus

Die Struktur der heute erkennbaren Allgemeinverbreitung des *Xylosandrus germanus* bietet viele Einzelheiten, die man als Stufen des Landgewinnes betrachten kann: Weithin erstreckte, relative Groß-Areale (Bienwald—Neckarbergland, Messel), kleine (Badenweiler) und kleinste Inseln (Teningen) und Nachweise von geradezu punktförmiger Kleinheit.

Wie ihre Begründung geschah, ist nur für das größte Gebiet, wahrscheinlich richtig vorstellbar.

Die faunistische Verbreitungsforschung verwertet für ihre, z. T. noch sehr dynamische Verhältnisse bezeugenden Kartenbilder in geologischen Zeitspannen vollzogene, meist abgeschlossene und meist in die Harmonie von Tier und Umwelt eingegangene Abläufe. Unter welchen positiven und negativen Aspekten jeder Verbreitungsschritt in die Lande hinein getan oder wieder verloren wurde, kann sie kaum je rekonstruieren.

Gerade aber mit einer derartigen „Ökologie" des Ausbreitungsgeschehens würde man, was vorgeht, an der Wurzel fassen, und außerdem: Ausbreitung ist auch ein Ergebnis des Massenwechsels.

Leider lassen sich Feststellungen dieser Art nicht erwandern. Sie wurden oben so aneinander gereiht, wie sie sich nach den Augenblickseindrücken darstellten.

Die vorgelegten Daten beheben jeden Zweifel, daß die Einschleppung des *Xylosandrus germanus* aus neuer Zeit stammt. Auffällt, daß die Ausbreitung nicht unaufhaltsam ins Land flutet, obschon es dem Käfer offen lag. Es mangelte nirgends an Brutstoff. Um nur die ortsfesten Brutstoffe voranzustellen: Buchenstöcke kann er ziemlich konkurrenzlos besetzen, die Eichenstöcke ebenso, trotz ihrer vielen Ambrosiabrüter. Wie ich es an anderer Stelle ausdrückte: Der ihm gemäße Faunenraum unseres Waldes ist keineswegs artengesättigt.

Der Raumgewinn kann aktiv durch Flug oder passiv durch Verschleppung in europäischem Brutstoff erfolgen.

Aktive Ausbreitung

Der einzige auf Fremdeinschleppung zurückzuführende Einbürgerungspunkt dürfte Bruchsal sein.

Um Bruchsal hat *Xylosandrus germanus* sich offenbar aktiv ausgebreitet. Diesen ältesten Einbürgerungsraum hat er nach Ost (soviel wir wissen) bis an den Neckar, nach West, den Rhein ungefähr bei Karlsruhe überschreitend, hier bis an natürliche aber nicht absolute Grenzen tief im Bienwald vorgetragen. Ob er an seinen gegenwärtigen nördlichsten Punkten der ostrheinischen Auwälder ebenfalls den Rhein übersetzen wird, muß sich noch herausstellen. Von Bruchsal aus greift das Verbreitungsgebiet nach Ost wie West etwa 40 km weit. Nach Norden blieb der Raumgewinn, soviel bekannt, geringer, etwa 30 km. Dagegen griff er nach Süden, in der Richtung auf Rastatt, einem weiteren ehemaligen Lagerungspunkt japanischen Eichenholzes, besser aus, ca. 40 km. Dieser ganze Raum kann als „geschlossen" besiedelt gelten. Im einzelnen bestehen aber auch hier Lücken des Waldbesatzes, die noch keiner Erklärung zugänglich sind.

Herr Forstverwalter A. Niedermaier in Schwaigern hat auf meine Bitte hin in 5 bestimmten Wäldern der Umgebung von Schwaigern eine Suche nach *germanus* ausgeführt, in der er schon Erfahrung hat. Diese Waldkomplexe haben die bekannten Käferwälder Nr. 5, Fürfeld und Nr. 4, Massenbachhausen, als Nachbarschaft.

Es ist a) der links und rechts der Bundesstraße 293 zwischen Schwaigern und Gemmingen gelegene Wald, von Nr. 4, Waldrand zu Waldrand, nur 1 km entfernt; b) der unmittelbar nördlich von Hichen beginnende, nach ca. 4,5 km Erstreckung mit Nr. 4 auf 500 m Breite in Verbindung tretende „Bürgerwald" (so bezeichnet in der Karte 1 : 100 000); c) der Wald der Flur „Stöckach", zwischen Fürfeld und Massenbachhausen; d) der Wald, den die Straße Massenbachhausen—Berwangen ein Stück durchquert. Langgestreckt, begleitet er in 200—300 m Entfernung den „Bürgerwald"; e) der Wald, links an der Straße von Kirchardt nach Ittlingen.

In keinem konnten Spuren des *Xylosandrus germanus* gefunden werden!

Aus solchen Erfahrungen erscheint mir das Streben berechtigt, hier noch immer mehr Nachweispunkte einzubauen.

Es muß ferner ausgesprochen werden, daß bei der aktiven Eroberung des Neckarbergraumes der Käfer oftmals viele Kilometer breite Nichtwaldflächen überwunden hat.

Passive Verbreitung

Wie ungemein weit aus dem Walde weg Nutzholz zur verarbeitenden Industrie transportiert wird, ist für jeden Laien überraschend. Eichen- und Buchenrundholz wird hunderte Kilometer weggeführt.

Aus Käferwäldern kommen in unbekannten Mengen Besatzhölzer des Japaners, geeignet, neue Einnistungspunkte in unbesetzte Landschaften vorzutragen. Diese Gefahr der internen Verschleppung wird deshalb so beachtenswert, weil sie mit unvermeidlichen Wirtschaftsvorgängen verknüpft ist, alljährlich wiederkehrt und dauernd nach denselben Örtlichkeiten zielt.

Zu allererst interessiert in diesem Zusammenhang, den

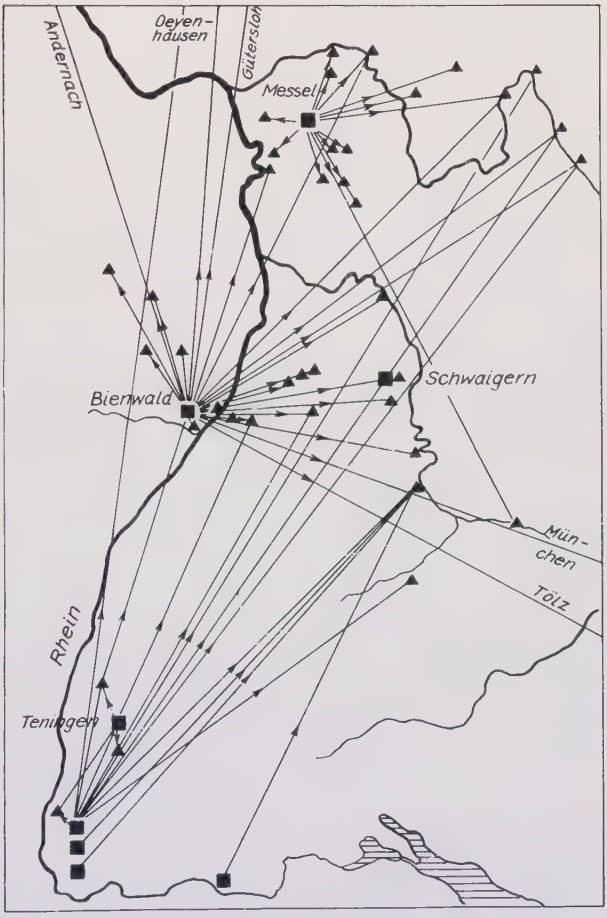


Abb. 4. Verfrachtung von Holz aus *germanus*-Wäldern (■) nach Verarbeitungsorten (▲)

mit Rundholz aus *germanus*-Wäldern überstreuten Raum des Bundesgebietes zu erfahren. In der Karte, Abb. 4, sind die mir dankenswerterweise zur Verfügung gestellten Daten verarbeitet. Das Bild ist erschreckend.

In noch höherem Grade nötig wäre die zahlenmäßige Kenntnis der Holzmengen, im besonderen der käfertragenden. Sie zu erarbeiten müßte einmal in einem Beispiel unternommen werden, ist aber technisch schwer durchführbar und sehr zeitraubend. Wegen der Gebundenheit des Borkenkäfers an sein Substrat, dessen Woher und Wohin genau bekannt ist, bestünde bei einem solchen Unternehmen der beim Studium eingeschleppter Tierarten ungewöhnliche Fall, die Zahl der neu herangebrachten Individuen zu kennen.

Da die geschilderte Zählung der Stammbesätze nicht in meinem Auftrage lag, Zahlen aber die beste Grundlage des Wissens über Einbürgerungsvorgänge sind, habe ich wenigstens in einigen Beispielen den Leistungswert der Schädlingsverfrachtung zu bestimmen versucht.

In Vögisheim, Südbaden, enthielten nach Stuttgart, bzw. nach Kenzingen verkaufte Eichenklötze, (der zur Zeit der Waldbegehung noch vorgefundene Rest der Schlägerung), folgenden Besatz:

20 nach Stuttgart bestimmte, alle besetzt, 144 Bruten mit 3254 ♀-lichen Käfern. Von den 30 Stammabschnitten für Kenzingen waren nur 19 besetzt, mit 228 Bruten und 5152 ♀♀. Nach Bruchsal gekommene Stammabschnitte enthielten: 3 solche von Flinsbach 21 Bruten mit 382 Insassen, einer von Freudenstein 18 Bruten mit 391 Insassen und ein ungewöhnlich starkbesetzter Stamm von Knittlingen 99 Bruten mit 2316 und ein anderer 12 Bruten mit 164 Käfern.

Jede einzelne dieser von verschiedenen Käfervorkommen herangebrachte Menge des besetzten Nutzholzes, sogar die Einzelstämme allein, waren für sich hinreichend, in einem käferfreien Walde eine massive Ausgangspopulation für die weitere Einbürgerung zu begründen.

Gehen nun von den Lagerplätzen in der Tat Waldinvasionen aus? Hierüber liegen noch keine Beobachtungen vor. Sie wären erwünscht, wenn wir auch wissen, daß der erste Anflug des *Xylosandrus germanus* von einem Holzlager ausgegangen sein muß.

Auf vielen Holzlagern der Holzindustrie stellte ich zwei Möglichkeiten des Schicksals der Käferhölzer fest: 1. Die Käferhölzer werden aus technischen Gründen so wirksam früh verarbeitet (gesägt), daß sie lange vor der im Juni liegenden Flugzeit durch Austrocknen entseucht sind.

In allen Sägewerken, die mehrere Holzarten verarbeiten, wird der Verschnitt nach einem die technische Gefährdung der verschiedenen Hölzer durch Verfärben berücksichtigenden Zeitplane durchgeführt.

Zuerst wird das früh verbläuende Weißkiefernholz verarbeitet. Ihm folgen Birke, Erle und weiter die Buche. Die letzten Eichen sollen, bis dann die nächste Fällung ankommt, um Neujahr gesägt sein.

Das Schnittmaterial der zweiten Jahreshälfte trocknet bei niederen Temperaturen, mit kältestarren Insassen durch und beim Warmwerden finden sich die geschlechtsunreif überwinternden Jungkäfer, lange bevor

sie ausfliegen können, in steril gewordenen Muttergängen. Nach einem solchen Zeitplane gesägte verseuchte Hölzer sind also unschädlich gemacht.

Eine gewisse Stetigkeit dieser Maßnahmen ist dadurch verbürgt und wieder ins Biologische hinein wirksam, daß sie nicht dem freien Entschlusse des Unternehmers unterliegen, sondern von der Bionomie der Bläuepilze gesteuert werden. 2. Unter bestimmten, für den Außenstehenden nicht erkennbaren Verhältnissen (anscheinend von der Konjunktur bedingt) können aber Eichenstammhölzer unverschnitten 2 und mehr Jahre auf Lager bleiben. Ihr Käferbesatz hat volle Gelegenheit, auszufliegen. Ich sah *germanus*-Bruthölzer, die ihren Besatz bestimmt auf dem Lagerplatze entlassen hatten. Unter diesen Umständen sind Bruten auf dem Lagerplatze selbst, wenn auch nicht nachgewiesen, möglich; ebenso Abflug, mit Wald als erreichtem Zufallsziel.

Verzögernd auf die Ausbreitung wirkt die in den letzten Jahren bei uns einzig mögliche einfache Generationsfolge. Gegenüber den für USA angegebenen Generationsverhältnissen muß ich entschieden darauf hinweisen, daß mir unter den mehreren Hundert geöffneter Gänge keiner vorkam, der außer der ersten Flugzeit von 1954 und 1955 entstanden sein konnte.

Ausbreitungshemmende Faktoren

Die Auswirkung folgender Individuen-Verluste sind noch nicht gut zu beurteilen. Ich hatte mehrfach an kühler gewordenen Herbsttagen frei auf dem Holze laufende Käfer zu Boden fallen gesehen. Deshalb verfolgte ich am 16. Oktober (1954) im Vögisheimer Herde, was hierbei vorging. Es kamen aus 3 Eichenstämmen (Besatz 8, 3, 6 Bruten mit 233 Insassen) im Laufe von 2 Stunden 4 *Xylosandrus germanus*-♀ heraus. Eines verkroch sich nach einem Weg von 7,5 cm in eine fremde Bruthöhle, 3 Exemplare fielen ab.

Ein Überwintern von *Xyleborus*-Arten im Boden ist nicht bekannt. Brutreif werden die *Xylosandrus germanus* erst spät in der folgenden Saison und müssen vorher noch fressen. So kann angenommen werden, daß die vom Brutholz fallenden Exemplare, weil sie nicht wieder an Brutgänge herankommen, wahrscheinlich ausscheiden.

Außerhalb ihrer Gänge überwinternde Exemplare kenne ich von *Xyleborinus saxeseni* Ratz. (mehrfach gesehen, im Moos am Grunde der Brutstämme), *Xyleborus monographus* F. (in aufgesplitterten Teilen des Stockabschnittes; im Moos am Brutstammgrund) und von *Anisandrus dispar* F. (im aufgesplitterten Stockabschnitt und in der Fällungskerbe; im Moos am Stammgrund). Normal ist bei ihnen die Überwinterung im Brutgange. Im Herbste, bei schon geringen Wärmegraden ins Freie gelangte und dann wieder in Brutgänge einkriechende ♀♀ sah ich bei *X. saxeseni* Ratz. und *A. dispar* F. In deren Gängen herrscht manchmal aus unbekannten Gründen eine merkbare Unruhe, wobei einige Stücke hinausgedrängt werden oder freiwillig den Gang verlassen. Es liegt bei *Xylosandrus germanus* somit ein keineswegs ungewöhnliches Verhalten vor.

Gewisse Besatzschwierigkeiten nötigen die Käfer, oft länger und weiter ausholend nach Brutstoff zu suchen. Anscheinend hängen sie mit Unterschieden der Anlockungskraft selbst bei Stöcken der gleichen Fällungszeit zusammen. Die ausschlagenden Stöcke haben geringere Anziehungskraft.

Holzart	Durchmesser	*Xylos. german.*	*Xyleb. saxes.*	*Platyp. cylindr.*	Ausschlag
Eiche	60	—	—	56	nein
	55	5	6	12	nein
	55	—	—	1	nein
	50	1	—	1	nein
	45	1	2	6	nein
	40	—	—	2	nein
	40	4	1	16	nein
	22	5	—	—	nein
	25	—	—	25	ja
	18	—	1	—	ja
Buche	60	5	19	—	nein
	30	11	—	3	nein
	30	5	—	—	nein
	30	—	6	—	ja
	25	18	—	—	ja
Birke	50	3	4	9	nein
	40	4	15	20	ja
	30	—	—	—	ja

Eine diesbezügliche Auszählung nahm ich am 2. September (1954) im Rohrbacher Wald (Pfalz), östl. von der Rottmühle vor.

Biotische Umwelt

Die bisherigen Befunde über Tiere, die bei uns zu *Xylosandrus germanus* in irgendwelche Beziehungen treten, sind bescheiden. Im ganzen gesehen sind sie kein ernster Faktor des Umweltwiderstandes.

a) GAUSS erwähnt (1954) einen von ihm in einem Fraßbild aufgefundenen *Tetrastichus* spec. (♂), dessen Bestimmung nach dem einzigen Stück nicht möglich war. Seine Stellung zum Borkenkäfer ist unbekannt.

b) 1952 fand ich in Messel an zahlreichen Larven und Puppen des *germanus Histiogaster hylocoeti* Koch, dieselbe Milbenart, die in den betreffenden Stöcken ebenso in Menge auf den Larven des *Hylocoetes dermestoides* L., ihrem ursprünglichen Wirte haftete und ebenfalls *Xyleborus monographus* F., *Xyl. dryographus* Ratz. angenommen hatte. Es handelt sich um einen harmlosen Hautparasiten.

c) In Messel legte ich (1954) in einem verlassenen alten Brutgang ein kleines Exemplar von *Rhizophagus dispar* Payk. bloß, das hier jedenfalls von der Verunkrautung und Verschmutzung der Gangwände gelebt hat. Die Art ist kein Räuber.

d) In einem stark besetzten Eichenstumpfe in Messel fanden sich in den aufgesplitterten Teilen die Netze zweier Spinnen und darin die Reste des *Xylosandrus germanus*. Beide Spinnen konnten mit ihm gefüttert werden. An irgendeine nennenswerte Gegenwirkung dieser beiden allgemeinen Insektenräuber ist nicht zu denken.

(An einem infolge einer unbekannten Erkrankung vollständig seiner Fettdepots beraubten und daher durchsichtig gewordenen ♀ konnten beim Sezieren zwei symmetrisch im Thorax gelegene Pilzbehälter gesehen werden.)[13])

Ist *Xylosandrus germanus* ein Schädling?

Bei der Freilandsuche wurden stets Beobachtungen angestrebt, die Schlüsse auf die Einpassung des *Xylosandrus germanus* in die fremde Umwelt ermöglichen konnten. Bekanntlich bedurften manche der bei uns eingeschleppten phytophagen Insekten einer im einzelnen nicht definierbaren langen „Anlaufzeit", ehe sie zu sichtbarer Schadwirkung gelangten.

Die Art, wie unser Neuling sich in den Lebensrhythmus seines Waldraumes einfügt, ist so, daß er unbedenklich als gegenwärtig indifferenter Faunenzugang betrachtet werden

[13]) Inzwischen hat Frau Dr. H. FRANCKE-GROSMANN hierüber sehr interessante Untersuchungen publiziert (1956).

darf. Diese Wertung zieht immerhin die Summe aus dem Einbürgerungserfolg eines Insekts, das verborgen und unentdeckt, bereits die ersten Jahrzehnte seiner Anwesenheit hinter sich hat. Sie berücksichtigt die zur Zeit wirksame biotische Tendenz und ist keine Zukunftsprognose. Darum enthebt sie nicht der Notwendigkeit, eine ausreichende dauernde Überwachung dieses Borkenkäfers durchzuführen.

Die Eindrücke und Einzeltatsachen, worauf sich obige Wertung stützt, sind folgende: Die Ausbreitungskraft des *Xylosandrus germanus* muß relativ mäßig sein. Sie scheint hauptsächlich den großklimatischen Gegebenheiten der von WERTH (1925) umschriebenen „Rheinischen Florenprovinz", in ihrer Waldausprägung, zu entsprechen, die Rheingraben, Neckarbergland, Teile des Maintales und das Moseltal umfaßt und den mildesten Teil Deutschlands darstellt. Auch auf den hervorgehobenen höchstgelegenen Fundpunkten ist das Klima milder, als es der Höhenlage entspricht. An keinem Beobachtungsorte besetzt der Käfer, dem tatsächlichen Brutstoffangebot folgend, lückenlos den Waldraum. Welcher Kombination von Umweltfaktoren dies zuzuschreiben ist, ist gegenwärtig unbekannt. Er meidet den Einflug in Mittel- und Jungbestände eines bestimmten Schlußgrades, die von *Xyleborinus saxeseni* Ratz., seinem gewöhnlichen Nachbarn in den Stöcken, angeflogen werden. Die maßgebenden Träger der Population sind Eiche und Rotbuche. Die anderen festgestellten bebrüteten Holzarten treten neben ihnen in den Hintergrund. An keinem Orte gelang es, einen Übergang des *Xylosandrus germanus* auf rosenblütige Obstbäume nachzuweisen, einer Frage, der die stetige Aufmerksamkeit galt. Der bodenfeste, den Fortbestand der lokalen Populationen sichernde Brutstoff sind überall die Stöcke. Sie überleben bei Eiche und Buche mehr oder minder regelhaft das der Winterschlägerung folgende Jahr in einem absinkenden, zwischen gesund und sterbend liegenden physiologischen Zustand; damit können sie häufig sogar Träger einer 2. Brut werden. Stöcke, welche, wohl infolge einer individuellen Befähigung, durch Ausschlagen ihren Stoffhaushalt ins Gleichgewicht zu bringen trachten, werden nach den bisherigen Erfahrungen nicht besetzt. Es ist noch kein primärer Angriff bekannt geworden. In Erle und Hainbuche, Holzarten mit kräftigem Stocktrieb, bleiben die Brutgänge sogar zum bedeutenden Teile mehr außen und in der Rinde. Auf Stammabschnitten nehmen die Käfer in der Hauptsache den entrindeten Meßring an, ungeachtet dessen, daß seine Oberfläche, bei sonst gutem Saftgehalt des Stückes, bereits übertrocknet ist (Entrindung bei der Fällung im Winter — Flugzeit im Juni!). Die häufigen von den Abschnittflächen der Stöcke nach unten geführten Bruten hemmt das eindringende Regenwasser, und ihr Jungbesatz geht so gut wie immer zugrunde. Soviel mir bekannt, sind bisher nur 5 Fälle von Brut in stehenden Bäumen nachgewiesen[14]). *Xylosandrus*

[14]) Der erste *germanus*-Fund KAMPS in Schwaigern, in einer zurückgehenden Rotbuche. — Ein von GROSCHKE (1954) gefundener sonnenbrandiger Buchen-Altstamm von etwa 60 cm Durchmesser, in Messel, Abt. VIII/16. — Eigene Funde: Eine abgestorben vorgefundene Altbuche von etwa 40 cm Durchmesser in Messel, Abt. VI/71, trug an der Basis in einem kaum 15 cm breiten Streifen 46 *germanus*-Bruten. Auf dem Schafte löste sich stellenweise die Rinde, *Orchesia fasciata* Illig. (Melandryidae) bohrte aus dem Holze ins Freie. *X. germanus* hatte sich also sekundär im überlebenden Wurzelhalse eingenistet. — Zu keiner Entwicklung gekommene Bruten in Roteiche, an einer kranken Rindenstelle, in Messel, Darmstädter Stadtwald, Abt. 26. — Bienwald, südlich von Freckenfeld im Walde „Oberbuch", in einer stehenden, unterdrückten Buche von Armdicke.

germanus hat bei „durchschnittlichem" Klimagang seines Raumes nur eine Generation. Massenvermehrung fördernde Faktoren wurden bisher nicht sichtbar. Außerhalb des Waldes, auf Holzlagern, sind die Bruten frostgefährdet. Die 679 Froststunden des März 1956 (Wetteramt Karlsruhe) genügten, alle Bruten auf einem Bruchsaler Holzplatz zu vernichten.

Zusammenfassung

Xylosandrus germanus wurde in den Jahren zwischen 1907—1914 und 1919—1924 mit Importen teilberindeten Rundholzes japanischer Eichen unmittelbar aus Japan eingeschleppt. — Seine Ausbreitungsenergie ist mäßig. Sie führte zur Begründung zweier Großareale, um Bruchsal, dem offenbar ältesten Einbürgerungspunkt, und im Messeler Walde. Wie die kleineren Herde entstanden sind, die sich jedenfalls von primären ableiten, ist unbekannt. Solche kleinste Neuareale können wieder erlöschen. Alle Vorkommen liegen im klimatisch mildesten Teile Deutschlands, der Rheinischen Florenprovinz. — Die der Brutentwicklung günstigsten und Hauptholzarten sind Eichen und Rotbuche. Als Brutstoff dienen hauptsächlich nicht austreibende Stöcke und Stammabschnitte, an letzteren mit Vorliebe bei der Fällung entrindete Stellen. Bruten an stehenden Bäumen sind Ausnahmen. Es ist kein primärer Angriff nachgewiesen. — Das durchschnittliche westdeutsche Klima erlaubt nur eine Generation. In frei gestapelten Hölzern befindliche Bruten sind frostgefährdet. — Es ist weder ein aus der Heimat mitgekommener, noch ein neu auf ihn übergegangener mitteleuropäischer Vertilger festgestellt. — Die gegenwärtige Einpassung in die Umwelt zeigt, daß er weder einer Konkurrenz der benachbarten Holzbrüter ausgesetzt ist, noch den Brutstoff voll bevölkert. — Unter den bisher wirksamen Umweltverhältnissen ist er kein Waldschädling. Nirgends konnte der Übergang auf Obstbäume beobachtet werden.

Summary

Xylosandrus germanus was introduced into Germany from Japan with oak-trees during the years 1907—1914 and 1919—1929. Its ability for spreading is moderate and has led to its establishment in two large areas in the mildest part of Germany, the Rhine flower-growing province. Here, the most favourable woods for development are oak and red beech. In the main, non-sprouting stumps and portions of trunks, particularly places barked during felling, are used for breeding. Breeding in standing trees is exceptional. No primary attack has been proved. The normal west German climate allows only one generation per annum. Under present conditions, X. germanus is not a forest pest. Nowhere hat it been possible to observe a transfer to fruit trees.

Anhang: *Xyleborus adumbratus* Blandf. [15])

In Neuwied wurden von mir 1955, in dem einzigen, über den Hafen Otaru als Muster gekommenen Stammabschnitt einer japanischen Eiche, Bruten des *Xyleborus adumbratus* Blandf.[16]) gefunden.

---

[15]) Für die Überprüfung der Bestimmung habe ich Herrn Prof. Dr. K. E. SCHEDL-LIENZ zu danken.

[16]) Beschreibung des ♀: BLANDFORD, p. 115; Beschreibung des ♂: WICHMANN, p. 139; Oekologie: NIISIMA, p. 6.

Er ist in Japan verbreitet und sehr polyphag in Laubhölzern. In dem Stammabschnitt waren enthalten 18 Brutgänge mit mindestens 216 ♀lichen Jungkäfern. Die ♂♂ waren bereits verschwunden. Es wurden keine Parasiten oder Einmieter angetroffen. Diese Art wird damit in Europa zum ersten Male, wenn auch in ihrem heimischen Brutholz, festgestellt. (Das Holzstück wurde unverzüglich gedämpft.)

Literaturverzeichnis

Blandford (1894): Trans. Ent. Soc. London, 115.

Francke-Grosmann, H. (1956): Z. Morph. u. Ökol. Tiere **45**, 275—308.

Inouye, M., K. Kosugi, K. Chikara, O. Kaoru, U. Tadashi, E. Katsuaki: Illustrated Handbook of Barkbeetles, other Woodborers, and Wood-rotting Fungi found in the Forsts of the Northern Parts of Japan. (Erscheinungsort und Jahr?) Japanisch. (*X. germanus:* p. 96—97, fig. a, b, c.)

Niisima, Y. (1913): Trans. Sappor. Soc. Nat. Hist. **5**, p. 6.

Wichmann, H. E. (1955): Z. angew. Ent. **37**, 250—258.

— — (1914): Ent. Blätt. **10**, 139.

Department of Entomology, Rothamsted Experimental Station, Harpenden, Herts.

Periodicity in Aphid Moulting and Reproduction in Constant Temperature and Light

With 11 Figures

By

E. Haine*)

Introduction

Suction traps developed by C. G. Johnson 1950 and L. R. Taylor 1951 enabled us to recognize a diurnal periodicity in aphid flight which is characterized by a double peak of abundance in several species (Johnson, 1949, 1951, 1952, Eastop, 1951). Two periods of higher density occurring during the early morning and the late afternoon were seperated by a period with smaller catches about midday (compare Müller and Unger, 1952). Eastop, 1951 found that in most of the species the second peak was the larger.

To analyse the nature of this remarkable flight periodicity, further experiments and observations in Rothamsted concentrated on *Aphis fabae* Scop. The changing numbers in the air have been considered in relation to meteorological conditions, but multiple regressions between aphid numbers and the main weather factors, wind-speed and temperature, did not show strong correlations (Johnson, 1952).

Further attempts were therefore made to investigate the role of population changes in the crop and field experiments by Dr. Johnson, Mr. Taylor and the author in July 1952, concentrated on the moulting sequence of the alatae, the flight maturation period and the first take off of *A. fabae* in an infested bean crop (Johnson, 1954, Haine, 1954). In addition to weather factors controlling the preflight period as well as the flight behaviour, the moulting rhythms were thought to play an important part within the complex of factors causing the diurnal flight density change.

The moulting in the crop was characterized by a higher moulting rate in the morning, a decline in numbers during the middle of the day, often followed by another smaller peak or more from afternoon to evening. It could be demonstrated tentatively that the flight density curve tends to reflect previous moulting peaks (Johnson, 1954). "There are thus a series of 'flushes' of new alatae of comparable age which appear to be reflections of previous moulting flushes, though there is much variation in this" (p. 92).

Special attention was paid to these moulting peaks observed in the field and experiments were designed to investigate whether they would

*) Now at the Institut für angewandte Zoologie der Universität München. Direktor Prof. Dr. W. Zwölfer.

still occur under constant temperature and light; and if so, whether they would occur in different species as well as in all stages, including parturition and whether they could be influenced (transfered or reversed) artificially.

Experimental Work

PRELIMINARY EXPERIMENTS

The experiments (Table 1) were carried out with large numbers of aphids in their natural populations on secondary host plants kept in an incubator during the preliminary experiments (A—C) and in the D-experiment; in a constant temperature room under the ground during the principle experiments (E). Here the temperature was kept constant by an electric heater, controllid by a ventilator. A 150 watt Tungsten filament light-bulb seperated from the cage by 3 glass plates was used continuously in the former, a fluorescent light tube for the later. The temperature was recorded by thermographs and 1—2 hourly thermometer readings, the relative humidity by 1—2 hourly readings with Edney hygrometers checked against a whirling hygrometer.

Experiment A.

The first experiment included moults of *Myzus persicae* Sulz. (AI: 365 L_2-, 292 L_3-, 181 L_4-larvae and 189 Imago [24 alatae]) and moults of *Aphis fabae* (AII: 473 L_2-, 377 L_3-, 418 L_4-larvae and 258 Imago [118 alatae]). In both species numbers moulting were fairly evenly distributed between the day and the night. 1—3 peaks occurred with *M. persicae*-

Table 1. Description of Experiments.

Experiment	Date	Species	Host Plant	Activity	Total Ns.	Total per Day	Intervals of Reading	Overnight Observations	Temp. Range °C	Relative Humidity Range
A I	2.— 6. 2. 53	*M. persicae*	Tulip	Moulting	1 027	538	2 hourly	20—8h	21—22.3	43—84
A II	2.— 6. 2. 53	*A. fabae*	*Vicia faba*	Moulting	1 526	735	2 hourly	20—8h	21—22.3	43—84
B I	1.— 6. 3. 53	*M. persicae*	Tulip	Moulting	1 862	946	2 hourly	19—7h	20.3—22	55—89
B II	1.— 6. 3. 53	*A. fabae*	Tulip	Moulting	2 620	1333	2 hourly	19—7h	20.3—22	55—89
B III	1.— 6. 3. 53	*Rh. latysiphon*	Potato Sprouts	Moulting	245	108	2 hourly	19—7h	20.3—22	55—89
C I	25.—31. 3. 53	*A. fabae-alatae*	*Vicia faba* and Tulip	Moulting	842	416	2 hourly	19—7h	21.5—23	46—84
C II	25.—31. 3. 53	*M. persicae*	Tulip	Reproduction	1 783	846	2 hourly	19—7h	21.5—23	46—84
C III	25.—31. 3. 53	*A. fabae*	Tulip	Reproduction	1 353	728	2 hourly	19—7h	21.5—23	46—84
C IV	25.—31. 3. 53	*N. circumflexus*	Tulip	Reproduction	496	251	2 hourly	19—7h	21.5—23	46—84
D I	14.—19. 12. 53	*A. fabae*	*Vicia faba*	Moulting	13 636	7799	2 hourly	19—7h	22.8—26.5	59—84
E I	28. 4.—4. 5. 54	*M. persicae*	Tulip	Moulting	3 116	1585	1 hourly	20—8h	23—24.5	52—70
E II	28. 4.—4. 5. 54	*M. persicae*	Tulip	Moulting	8 141	4170	1 hourly	20—8h	23—24.5	52—70
E III	28. 4.—4. 5. 54	*M. persicae*	Tulip	Moulting	1 290	662	1 hourly	20—8h	23—24.5	52—70
E IV	28. 4.—4. 5. 54	*M. persicae*	Tulip	Reproduction	1 443	716	1 hourly	20—8h	23—24.5	52—70
E V	28. 4.—4. 5. 54	*M. persicae*	Tulip	Moulting	2 628	1546	1 hourly	20—8h	23—24.5	52—70
E VI	28. 4.—4. 5. 54	*M. persicae*	Tulip	Moulting	912	442	1 hourly	20—8h	23—24.5	52—70

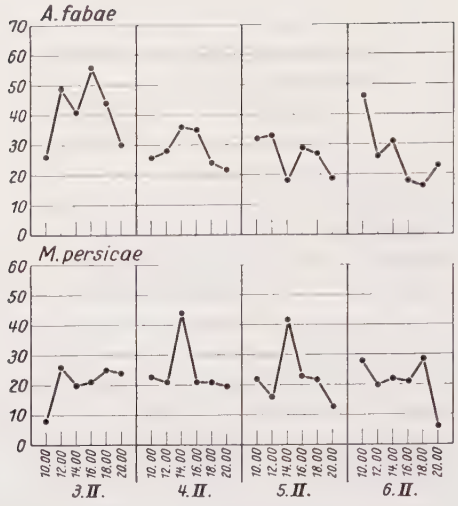


Fig. 1. Experiment A: *A. fabae* and *M. persicae* moulting in constant temperature and constant light (total of all stages)

and *A. fabae*-moulting on different days at various hours (Fig. 1). Each instar was also characterized by an uneven course of curve, the time of the maximum coinciding sometimes within the stages of one species but less generally between the stages of the two species.

Experiment B.

A second similar experiment was carried out with *M. persicae* (BI: 571 L_2-, 456 L_3-, 391 L_4-larvae and 444 Imago [3 alatae]), with *A. fabae:* (BII: 982 L_2-, 847 L_3-, 449 L_4-larvae and 342 Imago [26 alatae]) and with *Rhopalosiphoninus latysiphon* D. (BIII: 38 L_2-, 74 L_3-, 59 L_4-larvae and 74 Imago).

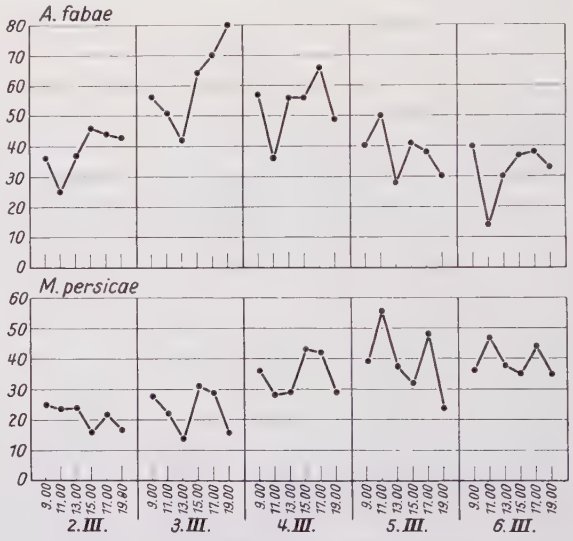


Fig. 2. Experiment B: *A. fabae* and *M. persicae* moulting in constant temperature and constant light (total of all stages)

The numbers of these stages moulting during the day and the night were about equal for *M. persicae* and *A. fabae*. The larvae of *Rh. latysiphon*, however, moulted mostly during the night. The course of moulting of *M. persicae* and *A. fabae* (Fig. 2) was marked with some pronounced peaks at 9^{00} or 11^{00} during the morning and 15^{00} or 17^{00} during the afternoon, coinciding in single hours or days between the species. In the stages which will not be analysed here in detail 1—3 peaks occurred during the day and a decrease in numbers with some regularity at 11^{00}, 13^{00} and 19^{00}.

Experiment C.

For the third experiment (CI—IV) a total of 842 alatae of *A. fabae* (CI) were available of which 51,1% moulted during the day and 48,9% during the night. The single days were distinguished by an uneven course of numbers throughout the periods of the experiment, the peaks of moulting occurring mainly during the morning at 9^{00} and 11^{00}.

Since the moulting curves, so far obtained in constant temperature and light, did not take an even course and the different stages up to the first instar indicated the same tendency up to the 5th day, parturition was also included in the third experiment. During this experiment a total of 1783 *M. persicae*-larvae (CII), 1353 *A. fabae*- (CIII) and 496 *Neomyzus circumflexus*-larvae (CIV) have been born from an adult unwinged population at the following hours of the day (Table 2).

Table 2. Experiment C: Aphid reproduction during the day in constant temperature and light (Totals)

Experiment	Species	During the night from 19—7h	9h	11h	13h	15h	17h	19h	Total during the day from 7—19h
C II	*M. persicae*	937	116	190	148	147	120	125	846
C III	*A. fabae*	625	46	146	138	134	111	153	728
C IV	*N. circumflexus*	245	33	60	31	44	30	53	251

The peaks of reproductive activity at about 11^{00} and their decline at about 13^{00} and later, appear in these totals as well as on single days (Fig. 3). In spite of the fact that *A. fabae* behaved less settled than *M. persicae* causing a great decrease in numbers produced on the 3rd and 4th day due to density changes, the curve of *fabae* took a similar course as in *persicae* during these days.

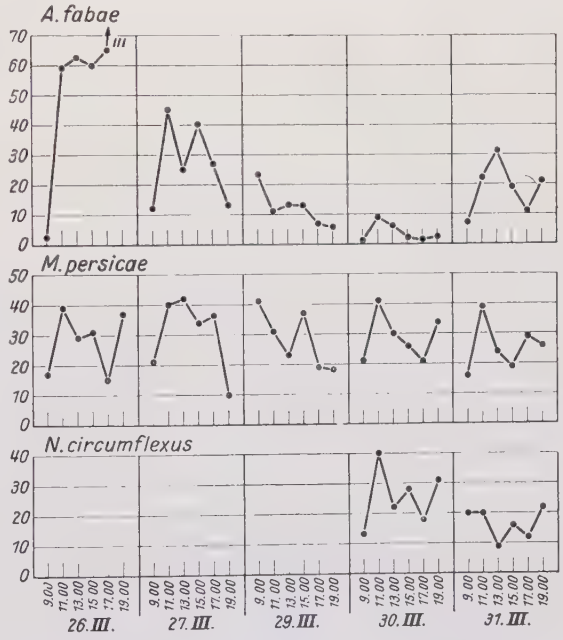


Fig. 3. Experiment C: Reproduction of *A. fabae*, *M. persicae* and *N. circumflexus* in constant temperature and constant light

Graphs based on the variation in numbers moulting and reproduced in 2 hourly intervals and their means showed that maxima in the daily mean curve occurred at 9^{00} in BII—III and at 11^{00} for CII—IV during the morning and between 15^{00} and 19^{00} in the afternoon more or less pronounced for AI and the B-experiments, but generally not in C.

To test the significance of these differences the data (as logs) were submitted to an analysis of variance (F-test). The 2 hourly differences within the single experiments did not prove significant (except in CIII). To test the single 2 hourly intervals the T-test was carried out. But only the fall in numbers of *M. persicae* moults between 17^{00} and 19^{00} in BI and the rise in num-

bers produced by *persicae* (CII) and by *A. fabae* (CIII) between 9^{00} and 11^{00} proved statistically significant.

With very few exceptions therefore the statistical analysis failed to show, that the rise and fall in numbers moulting and reproduced in experiment A, B and C appeared to occur at fixed hours of the day. However, this does not mean that a periodicity is absent. The impression gained during the experiments, that some periods existed with greater activity than others, was so strong that further work and analysis seemed justified, for the apparent lack of periodicity may have been due to the limited numbers of days of observations or to environmental factors other than temperature and light influencing biological processes in an intermittent way. There is also reason to believe that the sudden change when the aphid populations were transfered to constant conditions might have induced new rhythms. Further experiments therefore aimed to exclude sudden changes of environmental conditions at the begin and tried to obtain information on the moulting sequence during the night.

PRINCIPLE EXPERIMENTS

Daytime moulting: Experiment D.

In the following experiments more care was taken for the preliminary treatment of the populations which in DI were kept 26 days in advance in the constant light of a glass-muslin cage inside the laboratory. The daylight was excluded, but the temperatures could not be kept constant due to environmental temperatures. Within a range of 22,2°—30,0° C they changed slowly in 4—6 days within 3,3°—4,5° C reaching a minimum of 16,7° C and a maximum of 32,2° C on one or two occasions ten days before the experiment started. During this time two to three generations of *A. fabae* at least were submitted to these conditions before they were transfered into the experimental incubator. The slighthly higher range of temperature in the incubator was due to environmental laboratory temperatures which could not be excluded perfectly (Table 1). The slight and slow daily rise in temperature from 23,5°/24,5° C in the morning to 24,5°/26,6° C in the evening, however, was not followed by corresponding numbers of moults. On the contrary the diurnal change in moults in this experiment (Table 3) indicated a change in the opposite direction, at least during the morning. As can be seen from Table 3 a moulting peak at 9^{00} was regularly followed by a fall in numbers until 13^{00} when the temperature was rising, whilst the strong

Table 3. Experiment D I: *Aphis fabae* moulting during daytime

Hours	15. 12.	16. 12.	17. 12	18. 12.	19. 12.	Totals
From 19—7h	1518	1166	1195	1141	817	5 837
9h	450	335	209	258	155	1 407
11h	160	180	154	191	132	817
13h	199	147	108	152	100	706
15h	201	190	128	237	123	879
17h	225	280	280	288	181	1 254
19h	724	375	714	595	328	2 736
Total from 7—19h	1959	1507	1593	1721	1019	7 799
Total per day and night	3477	2673	2788	2862	1836	13 636

increase in numbers moulting from 15^{00}—17^{00} and 17^{00} to 19^{00} several times occurred in the same and even in decreasing temperatures. The moulting rate during the days exceeded the night rate by a remarkable amount.

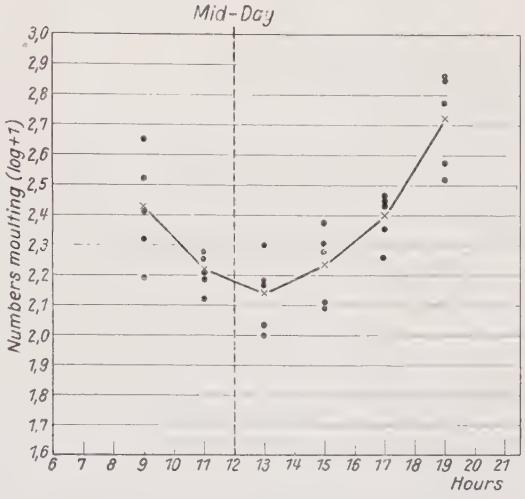


Fig. 4. Experiment DI: Moulting frequency of *A. fabae* in 2 hourly intervals. Line drawn through mean of observations. Ordinate: Numbers moulting (log+1). Abscissa: Hours

In this experiment the various instars have not been considered separately, but total numbers only; they are represented in logs as well as their daily means in Fig. 4. The steady trend of the moulting sequences in this experiment, which was carried out under exceptionally constant weather conditions, characterized by cold foggy days slightly clearing up during midday and early afternoon, can be seen in the course of the daily mean line. The variation in numbers moulting at 2 hourly intervals proves highest at 9^{00} and at 19^{00}. The lowest variation was observed at 11^{00} correlated with a strong drop in numbers during the middle of the day.

The statistical analysis of this experiment based on 2 hourly differences (log + 1) can be seen from Table 4. By means of an analysis of variance the 2 hourly differences in fall and rise of numbers within this experiment proved to be highly significant (F-test). The test on the single periods (T-

Table 4.
Experiment D I: Analysis of Variance. No of moults in 2 hourly differences (log + 1)

	d. f.	s. s.	m. s.	F-Test*)
Days	4	0 025961	0.006490	0.407 for $n_1 = 16$, $n_2 = 4$ not sig.
Hours	4	0.850911	0.212728	13.327 for $n_1 = 4$, $n_2 = 16$ highly sig.
Residuals	16	0.255385	0.015962	
Totals	24	2.007021		

*) F accord. to Fisher and Yates, 1953, Tab. V, p. 47/49:	5%	1%
for $n_1 = 16$, $n_2 = 4$	5.86	14.22
for $n_1 = 4$, $n_2 = 16$	3.01	4.77

Table 5. Experiment D I: Significance of 2 hourly differences (log + 1) T-Test *)

T-Test	11 — 9h	13 — 11h	15 — 13h	17 — 15h	19 — 17h	P = 0.05	P = 0.01
$t16 = \frac{h}{\sqrt{s^2/5}}$	— 3.706**	— 1.292	+ 1.660	+ 2.853*	+ 5.696**	2.120	2.921

*) T according to Fisher and Yates, 1953, Tab. III, p. 40.

test) in Table 5 represents the decrease in numbers from 9^{00} to 11^{00} as highly significant, the increase in numbers from 15^{00} to 17^{00} as significant, and the increase from 17^{00} to 19^{00} as highly significant.

Experiment DI demonstrates more clearly than the experiments A—C that moulting peaks are continued in constant light and a very restricted temperature range which did not provide evidence to be responsible for the high moulting activity at 9^{00} and 17^{00} and 19^{00}. The changes in temperature during the preliminary exposure, especially the increase in the early afternoon, however, might have induced some after effects, although the peaks in D coincide with the beginning and end part of the daily temperature minimum of the preliminary period, which started about $15/16^{00}$ and ended about $9/10^{00}$ the following morning.

Since experiment D as well as A, B and C were carried out in an incubator, the 2-hourly readings had to be done under similar conditions in a special cabinet surrounding the incubator. During this period the population were submitted for a short time (∅ 10 min.) to small temperature changes (ca. 0—4° C), but relatively high changes of the relative humidity (ca. 20—40%). These changes, however, took place fairly regularly every 2 hours, especially those of the relative humidity, which did not show correlation with the moulting and reproductive activities in these experiments.

The temperature differences have been considered carefully: In experiment A moulting peaks followed more often lower temperature differences ± (0—1,5°) C during the reading time 2 hours before, than they did with regard to higher temperature differences. Several times the higher temperature differences were not accompanied by an increase in numbers 2 hours later.

In some cases of experiment B high moulting numbers corresponded with high temperature differences ± (2—3°) C during the reading time 2 hours before. More frequently high numbers followed low temperature differences ± (0—1,5°) C. In a few cases high temperature differences were not followed by high moulting numbers.

In experiment C and D greater activity was usually preceded by relatively larger temperature differences (up to ± 4° C) 2 hours before, although there were many reversed cases: low numbers in connection with high temperature differences and large numbers in connection with low temperature differences.

Since, however, the range of temperature differences of experiment D in the morning (at 7^{00}) was mostly higher than in the afternoon and those at 15^{00} and 17^{00} fairly equal, it is difficult to understand, why the afternoon activity should exceed the morning activity (at 9^{00}) and the 19^{00}-peaks those of 17^{00}.

New experiments, nevertheless, had to exclude these changes as far as possible.

For further understanding it seemed also necessary to investigate when the maxima of activity start in the early morning and how long the afternoon activity would be continued into the night. It was also considered important to find out whether there is a midnight decline in moulting and reproduction corresponding with the drop in numbers during midday.

PARTURITION AND MOULTING DURING DAY AND NIGHT: EXPERIMENT: E

A series of new experiments was designed on the moulting and reproductive activity of *Myzus persicae* under constant temperature and light conditions (see Table 1). Hourly readings were carried out throughout day and night over a range of 6 days in the same place in which the experiments took place, thus alterations of the closest environmental conditions were avoided. All populations were submitted to preliminary treatments. Different temperatures and alternating light were used in order to induce new rhythms in the course of moulting and parturition within the different populations.

EI: represents moulting (all instars) from a natural heterogeneous population, which was transfered 23 days beforehand into the constant light- and constant temperature-room under the ground, in which the experiment finally was carried out. EI can therefore be considered as control.

EII: moulting of a natural heterogeneous population, kept 22—24 days in advance under the constant light and slightly changing

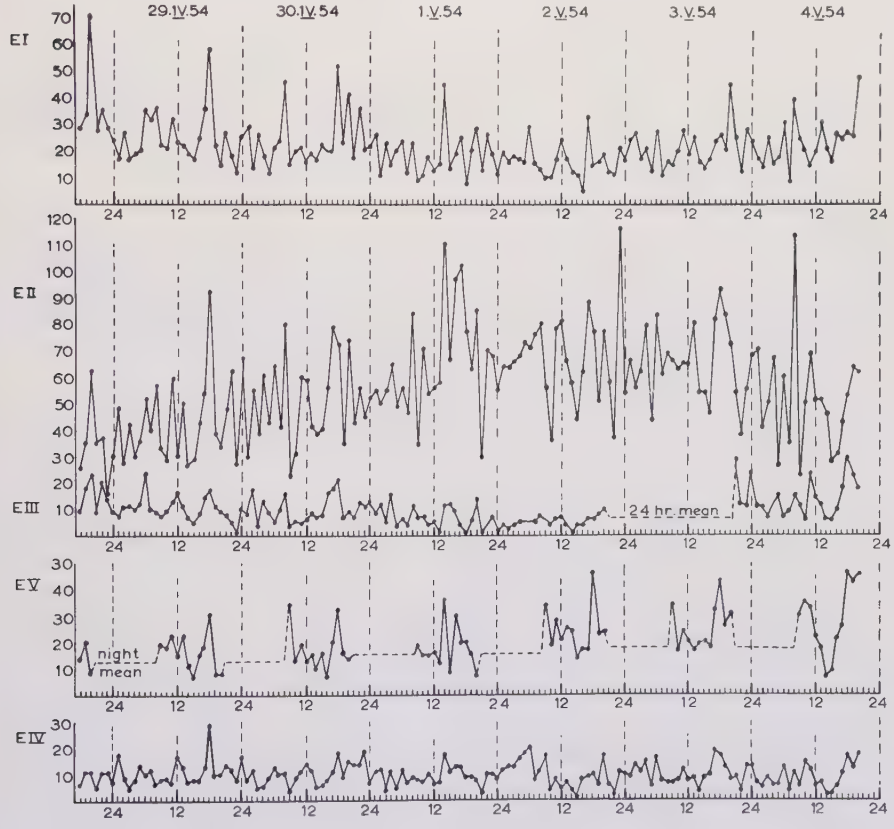


Fig. 5. Experiment E:
M. persicae moulting and reproduction (EIV) in constant temperature and constant light in 1 hourly intervals during day- and nighttime

temperatures (around 18—23° C) of a glass-muslin cage inside an isolated, fanventilated cabinet in the laboratory.

EIII: moulting of a natural population, originating from one single female per plant (total: 2 plants), preliminarily treated as EII.

EIV: parturition of an unwinged adult population, preliminarily treated as EII.

EV: moulting of a natural heterogeneous population kept as EII, but in darkness for 12 hours during the night from 20^{00}—8^{00} G. M. T. which was continued during the experiment.

EVI: moultings as in EV, but in darkness for 12 hours during the day from 8^{00}—20^{00} G. M. T. beforehand and during the experiment.

The original data of these populations are represented in Table 6—11 and Fig. 5.

Corresponding with earlier experiments on *M. persicae* the number of moults counted during the day were usually slightly higher than those obtained during the night (EI—EIII), and reproduction slightly higher during the night (EIV). An exceptionally high rate of moulting during the day

Table 6. Basic Data for Experiment E I: *M. persicae* moulting in constant temperature and constant light at 1 hourly intervals during day and night

Hours G.M.T.	28./29. April	4 hourly totals	29./30. April	4 hourly totals	30. 4./1. 5.	4 hourly totals	1./2. May	4 hourly totals	2./3. May	4 hourly totals	3. 4 May	4 hourly totals	28. 4./4. 5. (totals)	4 hourly periods (totals)
17—18	29													
18—19	34													
19—20	70													
20—21	27		27		18		13		12		25		122	
21 - 22	35		18		36		26		11		13		139	
22—23	29		12		21		19		21		28		130	
23—24	24	115	25	82	22	97	12	70	17	61	24	90	124	515
24— 1	17		29		26		19		24		17		132	
1— 2	27		14		11		16		27		14		109	
2— 3	17		26		23		18		17		25		126	
3— 4	19	80	18	87	15	75	17	70	21	89	16	72	106	473
4— 5	20		12		20		16		13		18		99	
5— 6	35		21		24		29		27		31		167	
6— 7	32		24		12		15		11		9		103	
7 8	36	123	46	103	23	79	13	73	16	67	40	98	174	543
8 - 9	22		15		9		10		15		25		96	
9—10	21		20		11		10		20		21		103	
10—11	32		21		18		17		28		15		131	
11—12	23	98	16	72	13	51	24	61	19	82	20	81	115	445
12—13	22		19		15		17		25		31		129	
13—14	19		17		45		12		16		21		130	
14 - 15	17		22		14		11		14		16		94	
15—16	25	83	20	78	19	93	5	45	17	72	27	95	113	466
16—17	36		20		25		33		24		25		163	
17—18	58		52		8		15		26		27		186	
18—19	22		24		20		16		21		26		129	
19—20	15	131	41	137	28	81	19	83	45	116	48	126	196	674

was noticed for EV-populations, which were allowed to be in light during the day; and the opposite, a greater night-rate for EVI, being in light during the night (compare Table 1).

A first glance at the data obtained (Fig. 5) showed that moulting and parturition had not taken an even course. The low numbers of EVI suggested exclusion from Fig. 5. The peaks during the morning and afternoon and their declines were continued during the nights. The hours about 12^{00} and 24^{00} usually represented no maxima of moulting. It was, however, my impression that peaks occurred during midday and midnight on days with exceptionally unsteady weather (1. V. and 2. V. 54) in spite of apparently constant conditions within the room.

Higher moulting and reproductive activity and lower activity respectively seemed to occur in most of the populations strikingly often at about the same hour. So the peaks on the 28. IV. 54 at 20^{00}, on the 29. IV. at 6^{00} and 18^{00}, on the 30. IV. at 8^{00} and 18^{00}, on the 1. V. at 14^{00}, furthermore the slightly rising but generally even course on the 2. V. between 1^{00} and 5^{00} and its rise at 6^{00} and the peaks at 12^{00} and between 17^{00} and 18^{00} and at 23^{00}, on the 3. V. the peak at 18^{00}—20^{00}, on the 4. V. the maxima at 8^{00}

Table 7. Basic Data for Experiment E II: *M. persicae* moulting in constant temperature and constant light at 1 hourly intervals during day and night

Hours G.M.T.	28./29. April	4 hourly totals	29./30. April	4 hourly totals	30. 4./1. 5.	4 hourly totals	1./2. May	4 hourly totals	2./3. May	4 hourly totals	3./4. May	4 hourly totals	28. 4.-4. 5. (totals)	4 hourly periods (totals)
17—18	26													
18—19	35													
19—20	62													
20—21	35		48		43		30		58		54		268	
21—22	37		62		56		70		37		38		300	
22—23	16		27		45		68		116		55		327	
23—24	30	118	67	204	52	196	55	223	54	265	68	215	326	1221
24— 1	48		30		55		64		66		70		333	
1— 2	28		55		50		64		56		41		294	
2— 3	42		39		55		66		62		50		314	
3— 4	30	148	61	185	65	225	68	262	79	263	67	228	370	1311
4— 5	35		43		49		73		44		27		271	
5— 6	52		64		56		71		83		60		386	
6— 7	40		41		46		76		61		35		299	
7— 8	57	184	80	228	84	235	80	300	69	257	113	235	483	1439
8— 9	33		23		35		56		66		23		236	
9—10	29		31		70		36		63		50		279	
10—11	59		60		54		78		65		69		385	
11—12	30	151	59	173	56	215	81	251	65	259	51	193	342	1242
12—13	50		41		58		66		80		51		346	
13—14	27		39		110		58		54		46		334	
14—15	29		40		67		44		54		28		262	
15—16	43	149	56	176	97	332	62	230	46	234	31	156	335	1277
16—17	54		79		102		88		82		43		448	
17—18	92		72		77		77		93		53		464	
18—19	39		35		63		51		83		64		335	
19—20	34	219	74	260	85	327	77	293	72	330	62	222	404	1651

and the strong drop at 15^{00} and its general rise from then to 18^{00} and 20^{00}. Even populations as EV which had been kept for 12 hours in darkness showed the same tendency, though one could have expected a new rhythm to be induced here, due to light alteration.

This can be seen more clearly in graphs representing the hourly numbers and their means as logs for EI in Fig. 6, for EII in Fig. 7, for EIII in Fig. 8, for EIV in Fig. 9, for EV in Fig. 10 and for EVI in Fig. 11.

Higher moulting and reproductive activity can be noticed in the course of these mean curves about $3^{00}/4^{00}$ until about 8^{00} in the morning and from about $15^{00}/16^{00}$ until about 20^{00} in the evening (EI, EII, EIII, EIV, EV, EVI), usually preceded by a strong decline. During midnight and midday the curve takes a fairly even course in these populations, the level being slightly higher during midnight in EIV, whilst in EI and EII midday and midnight values are almost on the same level.

Though EV and EVI (Fig. 10 and 11) follow a similar pattern of the course of these mean lines, a certain direct or indirect influence of light could be traced in the activity of these populations a) by the higher numbers moulting during the 12 hours light exposure irrespectively whether

Table 8. Basic Data for Experiment E III: *M. persicae* moulting in constant temperature and constant light at 1 hourly intervals during day and night

Hours G.M.T.	28./29. April	4 hourly totals	29./30. April	4 hourly totals	30.4./1.5.	4 hourly totals	1./2. May	4 hourly totals	2./3. May	4 hourly totals	3./4. May	4 hourly totals	28.4.-4.5. (totals)	4 hourly periods (totals)
17—18	9													
18—19	18													
19—20	22													
20—21	9		8		7		1				28		53	
21—22	20		5		12		4				12		53	
22—23	14		1		11		7				11		44	
23—24	9	52	10	24	12	42	2	14		—	23	74	56	206
24— 1	7		8		8		4				11		38	
1— 2	11		17		12		3		58		10		53	
2— 3	11		4		5		4				7		31	
3— 4	10	39	13	42	15	40	5	16		—	12	40	55	177
4— 5	12		9		4		5				15		45	
5— 6	23		5		6		5				7		46	
6— 7	10		10		4		5				9		38	
7— 8	9	54	16	40	11	25	7	22		—	15	46	58	187
8— 9	7		4		7		6				11		35	
9—10	9		5		7		4				6		31	
10—11	13		5		4		6				23		51	
11—12	16	45	6	20	5	23	7	23		—	14	54	48	165
12—13	11		8		1		4				12		36	
13—14	7		7		11		1				6		32	
14—15	5		8		12		4		98		6		35	
15—16	8	31	16	39	9	33	4	13		—	10	34	47	150
16—17	14		18		4		6				18		60	
17—18	17		21		1		6				29		74	
18—19	11		7		6		8				23		55	
19—20	9	51	9	55	14	25	10	30		—	18	88	60	249

maintained during the day (EV) or during the night (EVI), b) by the relatively high numbers of moults within the first hour after darkness which had therefore to be excluded from the statistical treatment.

The statistical calculations were based on 4 hourly intervals and their differences instead of 1 hourly intervals, in order to exclude mistakes arising from the fact that the daily peaks did not occur at the same hour on different days in the different populations. The day was divided up in the following periods: 0^{00}—4^{00}; 4^{00}—8^{00}; 8^{00}—12^{00}; 12^{00}—16^{00}; 16^{00}—20^{00}; 20^{00}—24^{00}.

By means of an analysis of variance, as can be seen in Table 12 the differences in numbers of these 4 hourly periods proved significant in EI, EII (highly sig.) and EIV. They were not significant in EIII, EV, EVI, almost certainly due only to lower numbers of observations. Testing the single intervals by means of the T-test (Table 13), the increase in numbers of moulting and reproduction from 16^{00}—20^{00} was highly significant in EI, EII and EIV and significant for EIII, whilst the early morning rise in numbers did not prove to be statistically significant. The decrease in numbers from 8^{00}—12^{00}, however, was significant in EII.

Table 9. Basic Data for Experiment E IV: *M. persicae* reproduction in constant temperature and constant light at 1 hourly intervals during day and night

Hours G.M.T.	28./29. April	4 hourly totals	29./30. April	4 hourly totals	30.4.–1.5.	4 hourly totals	1./2. May	4 hourly totals	2./3. May	4 hourly totals	3./4. May	4 hourly totals	28.4.–4.5. (totals)	4 hourly periods (totals)
17—18	7													
18—19	11													
19—20	11													
20—21	5		14		14		3		6		9		51	
21—22	11		12		14		10		3		4		54	
22—23	11		8		19		10		11		13		72	
23—24	8	35	17	51	7	54	9	32	10	30	13	39	64	241
24— 1	18		8		11		12		9		7		65	
1— 2	9		12		12		13		14		5		65	
2— 3	5		5		4		13		11		9		47	
3— 4	8	40	6	31	11	38	16	54	15	49	6	27	62	239
4— 5	14		9		5		18		6		6		58	
5— 6	10		13		12		20		16		13		84	
6— 7	12		10		7		8		8		4		49	
7— 8	7	43	11	43	9	33	11	57	7	37	11	34	56	247
8— 9	8		4		8		17		7		6		50	
9—10	9		9		7		4		8		15		52	
10—11	7		11		10		8		12		12		60	
11—12	17	41	14	38	6	31	5	34	8	35	6	39	56	218
12—13	13		12		7		7		9		7		55	
13—14	7		5		18		4		4		2		40	
14—15	8		6		11		1		9		3		38	
15—16	8	36	8	31	13	49	8	20	10	32	6	18	53	186
16—17	13		11		13		9		19		11		76	
17—18	29		18		9		10		17		17		100	
18—19	10		9		9		6		13		13		60	
19—20	10	62	15	53	8	39	17	42	8	57	18	59	76	312

The most important information, however, was obtained by correlation calculations based on the means of 1 hourly periods. They showed that the correlations between numbers moulting and reproduced in most of the populations of the E-experiment, even those for which only 11 instead of 24 hourly values were available (EV), proved significant. Table 14.

EI was significantly correlated with EII, EIII, EIV and EVI, EII and EIV with another and all other populations except EVI. Since, however, EVI was correlated with EI positively, it seemed justified to consider this a link with those populations with which EVI was not correlated.

With regard to temperature and light the experimental conditions in experiment E have been kept constant with considerable accuracy (in EI even for 4 weeks). All changes of environmental conditions during the time of reading could also be avoided.

During this experiment and the preliminary period for EI the course of temperature was slightly but continuously changing within the low range of 23—24,5° C (thermometer reading). This caused very low temperature differences from hour to hour. It was interesting to see whether the peaks in this experiment took place in relatively greater differences of tempera-

Table 10. Basic Data for Experiment E V: *M. persicae* moulting in constant temperature at 1 hourly intervals in 12 hours light exposure during the day

Hours G.M.T.	28./29. April	4 hourly totals	29./30. April	4 hourly totals	30.4—1.5.	4 hourly totals	1./2. May	4 hourly totals	2./3. May	4 hourly totals	3./4. May	4 hourly totals	28.4.–4.5. (totals)	4 hourly periods (totals)
17—18	14													
18—19	20													
19—20	9													
20—21														
21—22														
22—23														
23—24		—		—		—		—		—		—		—
24— 1														
1— 2														
2— 3	148		150		184		183		208		209		1082	
3— 4		—		—		—		—		—		—		—
4— 5														
5— 6														
6— 7														
7— 8		—		—		—		—		—		—		—
8— 9	19		34		19		34		34		30		170	
9—10	18		13		15		19		17		35		117	
10—11	22		19		15		28		24		33		141	
11—12	15	74	13	79	16	65	21	102	20	95	22	120	107	535
12—13	22		15		12		25		17		18		109	
13—14	11		10		36		24		19		7		107	
14—15	7		16		9		14		20		9		75	
15—16	15	55	7	48	30	87	17	80	18	74	21	55	108	399
16—17	18		20		20		17		32		26		133	
17—18	30		32		20		46		43		46		217	
18—19	8		16		16		23		26		43		132	
19—20	8	64	14	82	8	64	24	110	31	132	45	160	130	612

ture either in rising or falling direction. It can be stated that general as well as single activity peaks occured in 43% of 35 cases when the temperature did not change within one hour, in 29% in temperature differences of 0,1 to 0,3° C per hour, of which half occurred in falling temperature 26% took place in 0,5° C temperature difference per hour in rising and falling direction, and only once a maxima occurred in a decreasing temperature of 0,7° C per hour.

The relative humidity in experiment E changed within 1—3% from hour to hour nearly 3 times as frequently than it remained constant. Most of the activity peaks were therefore to expect in changing humidities. They took place in 26% out of 35 when the relative humidity remained constant from hour to hour, in 54% when the relative humidity changed at 1%, of which half took place in falling humidity, and in 20% when the relative humidity changed at 2—3% of which half occurred in falling relative humidity.

Thus it appears to be impossible to explain the remarkable activity changes in experiment E by means of the temperature fluctuations and the course of the relative humidity recorded throughout this experiment.

The fact that under the described conditions maxima of activity were not only maintained as in all former experiments, but maintained with

Table 11. Basic Data for Experiment E VI: *M. persicae* moulting in constant temperature at 1 hourly intervals during 12 hours light exposure in the night

Hours G.M.T.	28. 29. April	4 hourly totals	29. 30. April	4 hourly totals	30.4.–1.5.	4 hourly totals	1./2. May	4 hourly totals	2./3. May	4 hourly totals	3./4 May	4 hourly totals	28.4.–4.5. (totals)	4 hourly periods (totals)
18—19	—													
19—20	—													
20—21	22		7		10		5						44	
21—22	14		14		6		2						36	
22—23	15		5		8		4						32	
23—24	7	58	8	34	8	32	5	16		—		—	28	140
24— 1	9		11		2		10						32	
1— 2	8		9		5		3		49		53		25	
2— 3	14		7		3		8						32	
3— 4	7	38	9	36	5	15	8	29		—		—	29	118
4— 5	15		2		4		1						22	
5— 6	12		3		7		9						31	
6— 7	16		5		4		3						28	
7— 8	10	53	6	16	8	23	5	18		—		—	29	110
8— 9														
9—10														
10—11														
11—12		—		—		—		—		—		—		—
12—13														
13—14														
14—15	116		69		47		47		72		91		442	
15—16		—		—		—		—		—		—		—
16—17														
17—18														
18—19														
19—20		—		—		—		—		—		—		—

Table 12. Experiment E: Analysis of Variance

No of moults in 4 hourly differences (log + 1).

E I	d. f.	s. s.	m. s.	F-Test*)		
Days	5	0.015937	0.003187	0.200	for $n_1 = 20$, $n_2 = 5$	not sig.
Hours	4	0.206321	0.051580	3.241	for $n_1 = 4$, $n_2 = 20$	sig.
Residuals	20	0.318303				
Totals		29 0.540561	0.015915			

*) F according to Fisher and Yates, 1953, Tab. V, p. 47/49:

	5%	1%		5%	1%
for $n_1 = 20$, $n_2 = 5$	4.58	9.61;	for $n_1 = 4$, $n_2 = 20$	2.87	4.43

E II	d. f.	s. s.	m. s.	F-Test*)		
Days	5	0.008510	0.001702	0.365	for $n_1 = 20$, $n_2 = 5$	not sig.
Hours	4	0.113027	0.028257	6.06	for $n_1 = 4$, $n_2 = 20$	highly sig.
Residuals	20	0.093266	0.004663			
Totals	29	0.214803				

*) F see EI.

E III	d. f.	s. s.	m. s.	F-Test*)		
Days	4	0.044519	0.011130	0.283	for $n_1 = 16$, $n_2 = 4$	not sig.
Hours	4	0.216188	0.054047	1.374	for $n_1 = 4$, $n_2 = 16$	not sig.
Residuals	16	0.629419	0.039339			
Totals	24	0.890126				

*) F according to Fisher and Yates, 1953, Tab. V, p. 47/49:

	5%	1%		5%	1%
for $n_1 = 16$, $n_2 = 4$	5.86	14.22;	for $n_1 = 4$, $n_2 = 16$	3.01	4.77

No reproduced in 4 hourly differences (log + 1).

E IV	d. f.	s. s.	m. s.	F-Test*)		
Days	5	0.023712	0.004742	0.160	for $n_1 = 20$, $n_2 = 5$	not sig.
Hours	4	0.380903	0.095226	3.212	for $n_1 = 4$, $n_2 = 20$	sig.
Residuals	20	0.592766	0.029638			
Totals	29	0.997381				

*) F see EI.

No of moults in 4 hourly differences (log + 1).

E V	d. f.	s. s.	m. s.	F-Test*)		
Days	5	0.015346	0.003069	0.052	for $n_1 = 5$, $n_2 = 5$	not sig.
Hours	1	0.260485	0.260485	4.396	for $n_1 = 1$, $n_2 = 5$	not sig.
Residuals	5	0.296280	0.059256			
Totals	11	0.572111				

*) F according to Fisher and Yates, 1953, Tab. V, p. 47:

	5%		5%
for $n_1 = 5$, $n_2 = 5$	5.05;	for $n_1 = 1$, $n_2 = 5$	6.61

E VI	d. f.	s. s.	m. s.	F-Test*)	
Days	3	0.036361	0.012120	0.108	for $n_1 = 3$, $n_2 = 3$ not sig.
Hours	1	0.000002	0.000002	0.000	for $n_1 = 3$, $n_2 = 1$ not sig.
Residuals	3	0.336103	0.112034		
Totals	7	0.372466			

*) F as before: 5% for $n_1 = 3$, $n_2 = 3$ 9.28; 5% for $n_1 = 3$, $n_2 = 1$ 215.7

remarkable simultaneity in homogeneous (EIII) and heterogeneous populations, very differently treated before and during the experiments, within two different biological processes as moulting and reproduction (EIV), suggests that some other external factors associated with the weather influenced moulting and parturition in the constant temperature room strongly.

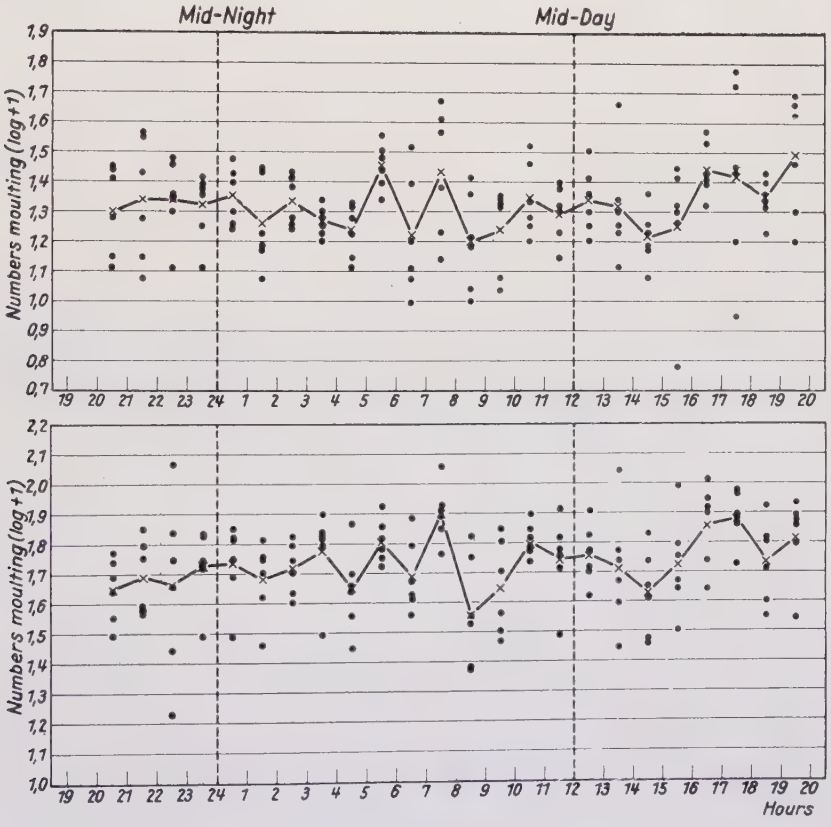


Fig. 6. Experiment EI:
Moulting frequency of *M. persicae* in constant temperature and constant light in 1 hourly intervals. Line drawn through mean of observations. Ordinate: Numbers moulting (log+1). Abscissa: Hours

Fig. 7. Experiment EII:
Mouling frequency of *M. persicae* in constant temperature and constant light in 1 hourly intervals. Linet drawn through mean of observations. Ordinate: Numbers moulting (log+1). Abscissa: Hours

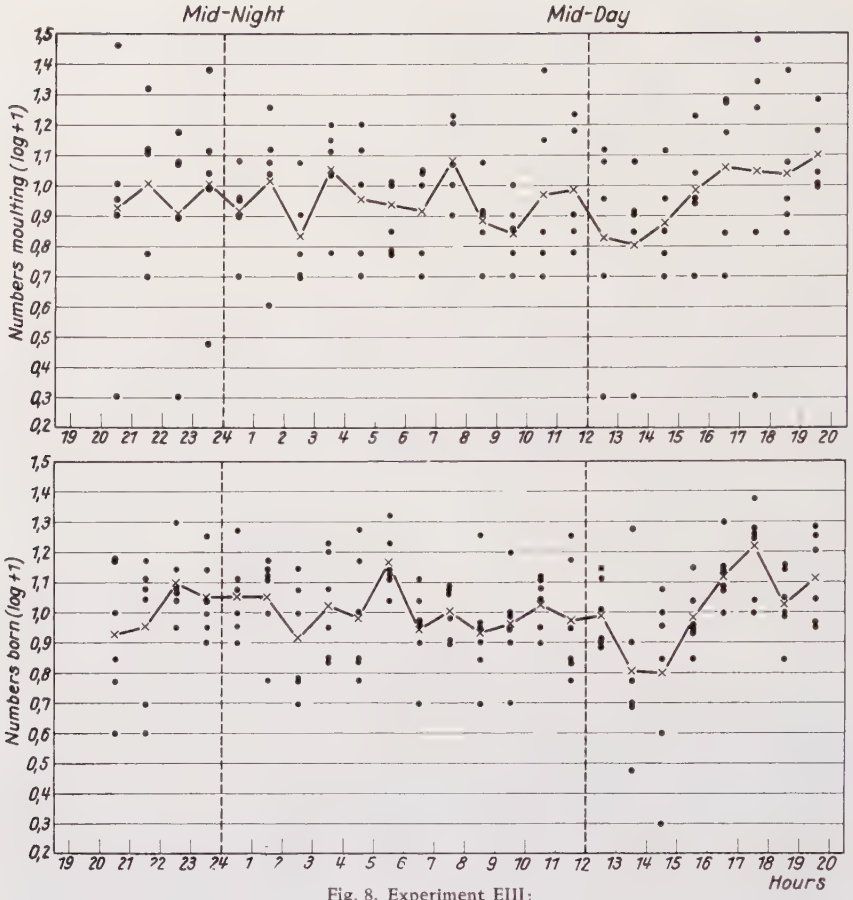


Fig. 8. Experiment EIII:
Moulting frequency of *M. persicae* in constant temperature and constant light in 1 hourly intervals. Line drawn through mean of observations. Ordinate: Numbers moulting (log+1). Abscissa: Hours

Fig. 9. Experiment EIV:
Numbers of larvae of *M. persicae*, born in constant temperature and constant light at 1 hourly intervals. Line drawn through mean of observations. Ordinate: Numbers born (log+1). Abscissa: Hours

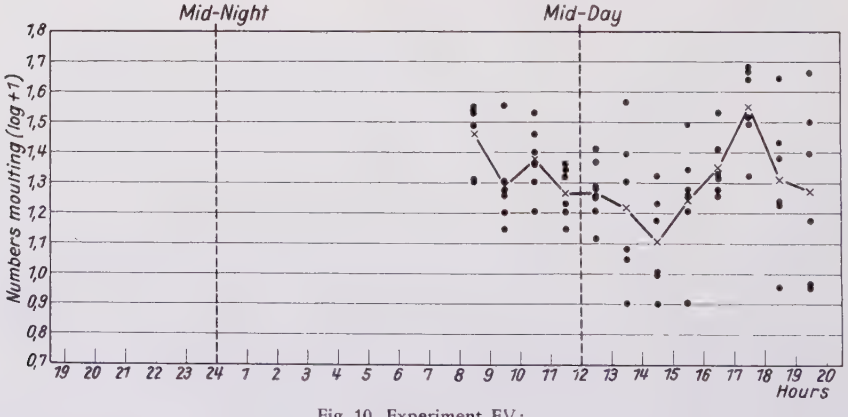


Fig. 10. Experiment EV:
Moulting frequency of *M. persicae* in constant temperature at 1 hourly intervals. Light for alternate 12 hour periods during the day, darkness during the night. Line drawn through mean of observations. Ordinate: Numbers moulting (log+1). Abscissa: Hours

Table 13. Experiment E: Significance of 4 hourly differences (log + 1) T-Test

T-Test		4 — 24h	8 — 4h	12 — 8h	16 — 12h	20 — 16h	P 5%	P 1%
EI	$t\ 20 = \frac{h}{\sqrt{s^2/_6}}$	— 0.566	+ 0.993	— 1.653	+ 0.330	+ 3.132 **	2.086	2.845
EII	$t\ 20 = \frac{h}{\sqrt{s^2/_6}}$	+ 1.244	+ 1.585	— 2.398 *	+ 0.096	+ 4.389 **	2.086	2.845
EIII	$t\ 16 = \frac{h}{\sqrt{s^2/_5}}$	— 0.259	+ 0.246	— 0.717	— 0.354	+ 2.234 *	2.120	2.921
EIV	$t\ 20 = \frac{h}{\sqrt{s^2/_6}}$	— 0.069	+ 0.261	— 0.671	— 1.257	+ 3.358 **	2.086	2.845
EV	$t\ 5 = \frac{h}{\sqrt{s^2/_6}}$	—	—	—	— 1.276	+ 1.689	2.571	4.032
EVI	$t\ 3 = \frac{h}{\sqrt{s^2/_4}}$	— 0.333	— 0.327	—	—	—	3.182	5.841

THE ENVIRONMENTAL FACTORS

The Weather outside the Constant-Temperature-Room

It has already been mentioned that experiment D could be carried out under exceptionally steady weather, so that it seemed justified to associate its activity pattern with maximally undisturbed weather conditions. Experiment B had fairly steady, but experiment A and C rather changeable weather, which in A was coincided with "unusual" activity periods during midday on the 4. II. and 5. II. 53 (Fig. 1), as they appeared to occur in experiment E on the 1. V. and 2. V. 54 (Fig. 5) inspite of constant temperature and light conditions within the controlled room. Steady weather characterized the preliminary period of this experiment during most of April until the 1rst of May, when rapid changes between sunny periods and passing heavy rainshowers occurred troughout the following days, particularly on the 1. V. and 2. V. 54.

So far no explanation can be given for this.

Table 14. Experiment E Correlation between Populations E I—E VII

Populations	r	n
E I and E II	0.8095**	24
E I and E III	0.4175*	24
E I and E IV	0.6514**	24
E I and E V	0.5846	11
E I and E VI	0.6059*	11
E II and E III	0.7711**	24
E II and E IV	0.6206**	24
E II and E V	0.8101**	11
E II and E VI	0.1468	11
E III and E IV	0.6452**	24
E III and E V	0.4027	11
E III and E VI	0.1306	11
E IV and E V	0.8580**	11
E IV and E VI	0.0333	11

* sig. on 0.05 level } for n — 2 = 22 resp.
** sig. on 0.01 level } n - 2 = 9 according to Fisher-Yates, 1953, Tab. VI p. 54.

Temperature and Light

The influence of temperature and light in their actual and preliminary effects have been eliminated completely in EI for 4 weeks. The peaks of moulting maintained in the EI-population must therefore be considered as

not been caused by these factors. The remaining experiments do not allow the same statement with regard to temperature, for there were changes of temperature during the preliminary phases of experiment D and EI—EVI as well as during the times of reading in D, though not regularly followed by corresponding activity changes as has been demonstrated before. Since EI, however, proved positively correlated with EII, EIII, EIV and EVI, there is reason to believe that this indicates other environmental influences than temperature on these experiments resp. populations as well.

The effect of light could be eliminated even more perfectly than temperature, since light was kept constant throughout the preliminary phase in D and EI, EII, EIII and EIV and during the light periods of EV and EVI. Therefore light cannot be considered as principally activating factor in the activity changes within these experiments, although its influence as directly or perhaps indirectly modifying factor could be recognized in EV and EVI.

The Relative Humidity

The records of the relative humidity were taken from the closest environment of the plants. Their changes throughout the days and periods of reading did not appear to provide any evidence for a correlation with the moulting and reproductive activities neither in the preliminary nor in the principle experiments. Records from the leaf surfaces have not been taken due to technical difficulties. They are, nevertheless, considered as very important, though it seemed that the physiological conditions of the plants in general did not appear to have any direct effect on the activity changes considered here.

The Barometric Pressure

The barometric pressure in its general course as well as in its peculiar diurnal oscillations, carfully considered with data supplied by the Meteorological Station at Rothamsted and the Meteorological Office at Harrow, did not supply evidence for a positive correlation with the changing num-

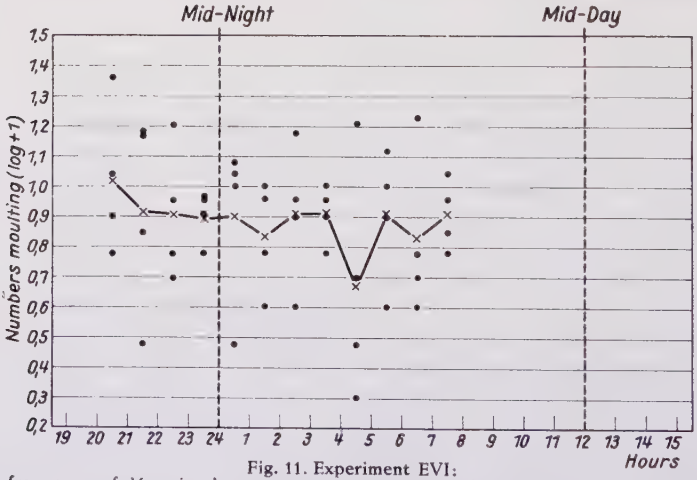


Fig. 11. Experiment EVI:
Moulting frequency of *M. persicae* in constant temperature at 1 hourly intervals. Light for alternate 12 hour periods during the night, darkness during the day. Line drawn through mean of observations. Ordinate: Numbers moulting (log+1). Abscissa: Hours

bers of moults and newly born larvae during the course of the experiments A, B, C, D and E. The peaks of activity in moulting and parturition took place in slowly and rapidly changing air pressure, both in rising and falling direction.

The Hours of Sunshine

The hours of actual sunshine (records obtained from the Meteorological Station at Rothamstedt) did not bear a relation with the moulting and reproductive activities in these experiments.

Thus conclusions must be drawn, that under the described laboratory conditions another environmental factor or a complex of environmental factors, hitherto not considered, strongly affects different biological processes in aphid life, so that their influence can be equally and simultaneously traced in populations, kept under very different conditions.

Discussion

Animal Activity Changes

Observations of animal activity changes have been made on locomotory activities and developmental and reproductive activities. Distinction has been made between rhythms in single individuals and in groups.

Numerous observations, demonstrating maxima of activity particularly in insect life during the early morning hours and the late afternoon- early evening hours were concerned with locomotory activities. Morning activity has been recorded by: Davis, 1933, Robertson, 1939, Bentley, Gunn and Ewer, 1942, Pavan, Dobzhansky and Burla, 1950, Hadorn, Burla, Gloor and Ernst, 1952, Haufe, 1952, Taylor and Kalmus 1954, Zoebelein, 1954, Cushing, 1955, etc.; afternoon-evening activity by the authors mentioned and Allard, 1931, Rau, 1932, Gunn, 1940, Esterley, 1917 and Lumsden, 1952 etc.

Less attention has been paid to biological processes as moulting and parturition, though emergence and hatching experiments have been carried out on a number of species, i. e. *Drosophila* (Kalmus, 1940), *Scopeuma stercoraria* (Lewis and Bletchly, 1943) and *Ephista kühniela* Z. (Scott, 1936) etc.

Since the flight activity of the aphids showed a characteristic diurnal activity course, very often of a bimodal type (Johnson, 1951, Eastop, 1951, Müller and Unger, 1952), it was interesting and necessary to find out whether biological processes in aphid life were submitted to a similar diurnal activity pattern.

This for the first time has been undertaken on a large scale at Rothamsted 1952. The diurnal course of *A. fabae* moulting as observed in the field with its peaks in the morning and often in the evening, seems to be mainly the result of environmental factors. For under field conditions marked changes in temperature, light and relative humidity take place every day and night. Correlations between moulting and temperature etc. can therefore be expected and we shall have to demonstrate, how far the daily course of moulting can be considered as the result of temperature fluctuations in the field.

Type and Timing of the Moulting Rhythms in Constant Temperature and Light

Diurnal and nocturnal activities in insect life have been found based on mono-, di- and polyphasic rhythms. Similar as in aphid flight activity, a bimodal type of periodicity seemed to be materialized more or less often in daytime moulting and parturition under constant temperature and light (Fig. 2, 3, 4). Exceptional days, however, showed an unimodal activity course (Fig. 1) or tended to reflect several activity peaks as in *Neomyzus circumflexus*-parturition (Fig. 3). This seems to hold good for day- and night-time observations (E-experiment) as well, since the early morning and the late afternoon peaks from $3/4^{00}$—8^{00} and $15/16^{00}$—20^{00} resp. appeared to represent a bimodal activity pattern (Fig. 5: 29. IV. and 30. IV. etc.), unless, in connection with exceptional weather changes, the activity pattern (1. V. and 2. V.) became different, with maxima occurring at midday and midnight.

Final conclusions, however, cannot be drawn from these experiments neither with regard to the definite type nor with regard to the timing of the activity periods, which seemed to indicate a tendency for the afternoon peaks to occur earlier in February (A-experiment) and in March (B-experiment). A slight shifting into the later afternoon hours was to observe at the end of March (C-experiment), whilst the peak of activity at the end of April—May (E-experiment) took place during the late afternoon between $15^{00}/16^{00}$—20^{00}. The very constant rise of activity in the D-experiment, however, started in December about 15^{00} and reached its maximum between 17^{00} and 19^{00}. This incidence cannot be explained beforehand.

Activity Changes and Hours of Sunrise and Sunset

The work on the activity rhythms in different animal groups, whether done under field or controlled conditions in different parts of the world provides some evidence, that maximum animal activities, whether observed in the air, near the ground or in the water, are correlated widely with the hours before and after sunrise and sunset resp. and that a decline of general activity is noticed during periods around midday and midnigth.

In the foregoing experiments the activity periods did not show persistent relations to the hours of sunrise and sunset, although their declines occurred as a rule during midday (A—E-experiment) and midnight (E-experiment).

The mean hours of sunrise (G. M. T.) and sunset (G. M. T.) occurred as follows:

	Sunrise	Sunset
A-Exp.	ca. 7^{35}	ca. 16^{55}
B-Exp.	ca. 6^{43}	ca. 17^{44}
C-Exp.	ca. 5^{46}	ca. 18^{26}
D-Exp.	ca. 8^{00}	ca. 15^{52}
E-Exp.	ca. 4^{34}	ca. 19^{22}

In experiment A—D no records were available for the begin of the morning peaks, therefore no statement can be made about their relation with the hour of sunrise. In most of the E-experiments the main morning

activity began on single days (Fig. 5) as well as with regard to dayly mean values (Fig. 6, 7, 8, 9 and 11) with or after sunrise.

The afternoon activity in experiment A—C occurred partly before, partly after sunset, whereas a strict later activity after sunset could be noticed in the D-experiment. The activity periods of the late afternoon in the E-experiment occurred as a rule before sunset.

The Environmentally Induced Character of the Moulting Rhythms

Experiment E was designed to set up new rhythms within different homogeneous and heterogeneous populations by preliminary constant and changing temperature- and alternating light-treatments. Especially light — dark — alteration in 12 hourly intervals during the day and the night resp., maintained throughout 4 weeks, was expected to yield a new course of activity. Furthermore, two different biological processes as moulting and parturition were compared. In case, activity would be primarily dominated by an inherent periodicity, it was expected that under the influence of the various treatments the activity pattern would alter in the different populations independently from each other.

This, however, did not occur, as shown before. The simultaneity in the rise and fall of the moulting and reproductive activity throughout experiment E I—E VI indicates a reaction on an environmental stimulation rather than a strict conformity of an endogeneous activity pattern, most unlikely to occur in populations so differently treated.

Althoug the causes of these extraordinary activity changes in aphid moulting and reproduction have not been discovered yet, they will have to be considered and analysed in future work as basicly important for the density changes in aphid populations and aphid flight and, since they occurred in different species, the problem is likely to involve some general biological meaning.

Summary

Preliminary experiments on *Aphis fabae* Scop. and *Myzus persicae* Sulz. in constant temperature and light showed that peaks of activity were maintained during the morning and afternoon throughout all stages including parturition.

These peaks did not prove statistically significant, unless the populations were kept for weeks in advance in constant light and fairly constant temperature. In principle experiments of this kind *A. fabae* — moulting appeared to be submitted to diurnal activity changes with peaks at 9^{00} and 17^{00} and 19^{00}, which proved statistically significant, and declines during midday.

M. persicae-populations, preliminarily treated a) in constant light and constant temperature, b) in constant light and slightly changing temperature, c) in alternating light maintained in 12 hourly intervals during the day and during the night resp., showed that activity changes in moulting and parturition were continued in constant light and temperature throughout day and night with a remarkable simultaneity. Correlation calculations, based on the means of 1 hourly intervals, could demonstrate that most of the populations were positively correlated with each other. Maxima of

activity were to observe from $3^{00}/4^{00}$—8^{00} and $15^{00}/16^{00}$—20^{00}, whilst midday and midnight represented usually less activity. These activity changes, considered in 4 hourly periods, proved statistically significant as well as the late afternoon peaks from 16^{00}—20^{00} in most of the more numerous populations.

Though it seemed justified to believe that environmental factors other than temperature and light induced these simultaneous activity changes, it could be demonstrated, that they did not prove correlated with the changes in the relative humidity and the barometric air pressure and the hours of sunshine. Neither did they appear to be persistently connected with certain hours before and after sunrise and sunset.

Zusammenfassung

Häutungsexperimente an *A. fabae* und *M. persicae* in konstanter Temperatur und konstantem Licht konnten zeigen, daß Morgen- und Nachmittagsgipfel durch alle Stadien hindurch einschließlich der Larvenproduktion beibehalten wurden.

Obgleich diese Experimente in dreimaliger Wiederholung an einem großen Zahlenmaterial durchgeführt wurden, konnte die statistische Analyse den Beweis nicht erbringen, daß Stunden ausgesprochener Häutungs- und Produktionsaktivität an bestimmte Tagesstunden gebunden waren.

Dieses gelang erst, als Populationen von *A. fabae* für 3—4 Wochen im voraus in konstantem Licht und leicht wechselnden Temperaturen gehalten wurden, bevor sie in konstante Licht- und Temperaturbedingungen überführt wurden. Die jetzt auftretenden Häutungsgipfel um 9^{00} und von 15^{00}—17^{00} und 17^{00}—19^{00} erwiesen sich als statistisch gesichert.

Weitere Häutungs- und Produktionsexperimente an *M. persicae* in konstantem Licht und konstanter Temperatur, in einem unterirdischen Klimaraum Tag und Nacht in stündlichen Auszählungen durchgeführt, ließen erkennen, daß die Häutungsaktivität bereits gegen $3^{00}/4^{00}$ beginnt, um bis gegen 8^{00} am Morgen, bzw. um $15^{00}/16^{00}$ beginnt, um bis 20^{00} am Abend zu reichen. Die Zunahme der Häutung und Produktion von 16^{00}—20^{00} erwies sich in den größeren Populationen als statistisch gesichert. Die Stunden um Mittag und Mitternacht repräsentierten gewöhnlich keine Maxima des Häutens. Gipfel zu ungewöhnlichen Tagesstunden gegen 12^{00} und 24^{00} fielen zusammen mit Tagen sehr unbeständigen Wetters. Trotz dreiwöchentlicher unterschiedlicher Vorbehandlung in verschiedenen Temperaturen und alternierendem Licht fielen die Häutungs- und Produktionsspitzen der verschiedenen Populationen mit außerordentlicher Präzision zusammen. Da Korrelationskalkulationen, ausgeführt auf der Basis der Mittelwerte einstündiger Intervalle, die meisten der Populationen untereinander als positiv korreliert erwiesen, ist der Gleichzeitigkeit im Auftreten der Häutungs- und Produktionsgipfel dieser verschiedenen Populationen auf verschiedenen Pflanzen besonderes Gewicht beizumessen.

Es erschien daher gerechtfertigt, die so spontan und gleichzeitig auftretenden Aktivitätswechsel als von Außenfaktoren induziert zu betrachten. Sie erwiesen sich jedoch weder mit der relativen Luftfeuchtigkeit noch mit dem barometrischen Luftdruck korreliert. Auch zeigten sie keine Beziehung zu den Stunden des Sonnenscheins und traten in den verschiedenen Experimenten teils vor, teils nach Sonnenaufgang und -untergang auf.

Acknowledgement

It is a pleasure to thank Sir William G. Ogg, the Director of Rothamsted Experimental Station, for the great hospitality I enjoyed at Rothamsted. I wish also to express my grateful thanks to Dr. C. B. Williams, F.R.S. and Dr. C. Potter for the facilities for work, I enjoyed in their Departments, and to Dr. C. G. Johnson for his stimulation and help during the course of this work. My thanks are also due to Mr. J. R. Healy for his advice on statistical matters. I am also indebted to the assistant staff of the Entomology Department for their help on many occasions.

For his great interest in our investigations at Rothamsted I should like to thank Professor Dr. W. Zwölfer, Director of the Institut für Angewandte Zoologie der Universität München.

References

Allard, H. A. (1931). The photo periodism of the fire-fly *(Photinus pyralis* Linn.), its relation to the evening twilght and other conditions. Proc. ent. Soc. Wash., **33**: 49—58.

Bentley, E. W., Gunn, D. L. and Ewer, D. W. (1942). The biology and behaviour of *Ptinus tectus* Boie. *(Coleoptera, Ptinidae),* a pest of stored products. J. exp. Biol. XVIII, 182—195.

Cushing, D. H. (1955). Some experiments on the vertical migration of Zooplankton. J. Anim. Ecol. Vol. **24**, (1) 137—166.

Davis, D. H. S. (1933) Rhythmic activity in the short-tailed vole, *Microtus.* J. anim. Ecol. **2** (2): 232—238.

Eastrop, V. F. (1951). Diurnal variation in the aerial density of *Aphididae.* Proc. R. ent. Soc. Lond. (A) **26** (10—12).

Esterley, C. O. (1917). The occurrence of a rhythm in the geotropism of two spp. of plankton copepods when certain recurring octernal conditions are absent. Univ. Calif. Publ. Zool. **16**: 393—400.

Fisher, R. A. and Yates, F. (1953). Statistical Tables for Biological, Agricultural and Medical Research. London.

Gunn, D. L. (1940). The daily rhythm of activity of the cockroach *Blatta orientalis* L. J. exp. Biol. **17** (3): 267—77.

Hadorn, E., Burla, H., Gloor, H. and Ernst, F. (1952). Beitrag zur Kenntnis der Drosophila-Fauna von Südwest-Europa. Z. indukt. Abst. u. Vererbungslehre, **84**, 133—163.

Haine, E. (1954). Studien und Experimente zur Frage des Populations- und Massenwechsels und des Flugverhaltens virusübertragender Blattläuse. Anz. f. Schädlingskde., **27**, 55—59.

Haufe, W. O. (1952). Observation on the Biology of Mosquitoes (Dipt. Culicidae) at Goose Bay, Labrador. Canad. Entom. **84** (8): 254—263.

Johnson, C. G. (1949). Development of Research on the Insect Aerofauna. Brit. Science News, **2**, 243—246.

Johnson, C. G. (1950). A suction trap for small airborne insects which automatically segregates the catch into successive hourly samples. Ann. appl. Biol. **37**, 80—91.

Johnson, C. G. (1951). The study of wind-borne insect populations in relation to terrestrial Ecology, flight periodicity and the estimation of aerial populations. Science Progress, No. 153.

Johnson, C. G. (1952). The changing numbers of *Aphis fabae* Scop. flying at crop level, in relation to current weather and to the population on the crop. Ann. appl. Biol. **39**, pp. 525—547.

Johnson, C. G. (1954). Aphid migration in relation to weather. Biol. Rev. **29**, 87—118.

Kalmus, H. (1940). Diurnal rhythms in the Axolotl larva and in Drosophila. Nature, Lond. Vol. **145** (No. 3663): 72—73.

LEWIS, C. B. and BLETCHLY, J. D. (1943). The emergence rhythm of the Dung-Fly Scopeuma (=Scatophaga) *stercoraria* (L.) J. anim. Ecol **12**, 11—18.

LUMSDEN, W. H. R. (1952). The crepuscular biting activity of insects in the forest canopy of Bwamba, Uganda. A Study in relation to the sylvan epidemiology of yellow fever. Bull. ent. Res. **42** (4): 721—760.

MÜLLER, H. J. and UNGER, K. (1952). Über den Einfluß von Licht, Wind, Temperatur und Luftfeuchtigkeit auf den Befallsflug der Aphiden *Doralis fabae* Scop. und *Myzodes persicae* Sulz., sowie der Psyllide *Trioza nigricornis* Frst. Der Züchter, **22**, 206—228.

PAVAN, C., DOBZHANSKY, T. and BUPLA, H. (1950). Diurnal behaviour of some neotropical species of Drosophila. Ecology **31** (1): 36—43.

RAU, P. (1932). Rhythmic periodicity and synchronous flashing in the firefly, Photinus pyralis, with notes on Photurus pennsylvanicus. Ecology, **13** (1): 7—11.

ROBERTSON, A. G. (1939). The nocturnal activity of crane-flies (Tipulinae) as indicated by captures in a light trap at Rothamsted. J. anim. Ecol. **8** (2): 300—322.

SCOTT, W. N. (1936). An experimental analysis of the factors governing the hour of emergence of adult insects from their pupae. Trans. R. ent. Soc. Lond. **85**, 303—29.

TAYLOR, L. R. (1951). An improved suction trap for insects. Ann. Appl. Biol. **38**, 582—591.

TAYLOR, L. R. and KALMUS, H. (1954). Dawn and Dusk Flight of *Drosophila subobscura* Collin. Nature, Lond. **174**, 221.

ZOEBELEIN, G. (1954). Versuche zur Feststellung des Honigtauertrages von Fichtenbeständen mit Hilfe von Waldameisen. Z. ang. Ent. **36**, 358—362.

Personalien

Hermann Weber †

Am 19. 11. 1956 verstarb nach längerem Leiden im Alter von kaum 57 Jahren der Ordinarius für allg. Zoologie an der Universität Tübingen, Prof. Dr. H. Weber. Sein Lebenswerk war seit seiner Studienzeit überwiegend der wissenschaftlichen Entomologie gewidmet und seine reiche publizistische Tätigkeit auf diesem Gebiet haben nicht nur ihm internationales Ansehen verschafft, sondern auch die Weltgeltung der deutschen Forschung auf dem Gebiet der allgemeinen Entomologie erheblich gefördert.

Obschon seine eigenen Forschungsarbeiten hauptsächlich in diesem Bereich lagen — ihre Themen bewegten sich im wesentlichen um morphologische, entwicklungsgeschichtliche und physiologische Probleme — so hat er durch sie viel Wertvolles auch zur Klärung der Grundlagen unseres Fachgebietes beigetragen. Noch mehr gilt dies von seinen größeren zusammenfassenden, selbständigen Schriften, wie dem bekannten Lehrbuch der Entomologie (1934), seinem Grundriß der Entomologie (3. Aufl. 1954) und seiner Biologie der Hemipteren (1930), die für den Vertreter der angewandten Entomologie zu unentbehrlichen Nachschlagewerken geworden sind und heute in keiner Fachbücherei dieser Disziplin fehlen dürften. Mit ihnen hat sich Weber bedeutende Verdienste auch um die Förderung der angewandten Entomologie erworben, die unvergessen bleiben werden.

Streben und Ziel seiner eigenen wissenschaftlichen Arbeit lag — ganz im Geiste seines Lehrers Blochmann — in einer Synthese von morphologischer und physiologischer Betrachtungsweise. Diesem innersten Anliegen Webers verdankte auch das Institut für physiologische Zoologie in Tübingen seine Entstehung. Es wurde dank Webers Initiative in den letzten Jahren neu gegründet und mit einem eigenen Ordinariat für physiologische Zoologie versehen.

Webers ausgesprochene Neigung zu zusammenfassender Bearbeitung und Behandlung größerer Fachgebiete kam auch in seiner akademischen Lehrtätigkeit zum Ausdruck, für die er eine besondere Begabung mitbrachte. Sie setzte einen ungewöhnlichen Fleiß und bei der kaum übersehbaren Fülle von Einzelpublikationen, die es dabei zu berücksichtigen gilt, eine unermüdliche Arbeitskraft voraus. Knappe, alles Wesentliche erfassende Formulierungen waren seine besondere Stärke, ebenso seine bildlichen Darstellungen, deren Technik über den engeren Kreis seiner Wirkungsstätten hinaus Schule gemacht hat. Seine Vorlesungen, von betonter Sachlichkeit und trotzdem von eindringlicher Darstellungskraft, blieben für seine Schüler unvergeßlich. Auch als Mensch verstand er es, sie zu fesseln und ihnen gegenüber hielt er weder mit seiner Herzenswärme noch mit seinem wissenschaftlichen Rat zurück, wenn er darum angesprochen wurde.

Hermann Weber wurde am 27. 11. 1899 in Bretten/Baden geboren. Nach einem Studium an der Technischen Hochschule Stuttgart und an der Universität Tübingen, wo Blochmann, Vogel und Prell zu seinen zoologischen Lehrern gehörten, promovierte er hier 1922. Anschließend war er als Assistent am phytopathologischen Institut der Landwirtschaftlichen Hochschule in Bonn tätig, wo er sich 1928 habilitierte. 1930 folgte Weber einem Ruf als a. o. Professor für Zoologie an die Technische Hochschule Danzig. Zwei Jahre später wurde er Lauterborns Nachfolger auf dem Lehrstuhl für Forstzoologie in Freiburg i. Brsg. 1935 folgte er einem Ruf nach Münster, 1939 nach Wien und 1941 an die damalige Reichsuniversität in Straßburg, wo er bis 1944 weilte. Nach dem Kriege wirkte er zunächst als Gast, später als Honorarprofessor, ab 1952 als Ordinarius für Zoologie (und Nachfolger von Kühn) bis zu seinem Tode an der Universität Tübingen.

Neben den schon genannten entomologischen Werken, die Weber zum Verfasser haben, hat er sich als Mitarbeiter verschiedener Sammelwerke — so durch seine Bearbeitung der Hemipteren und Copeognathen in Schulzes „Biologie der Tiere Deutschlands" — sowie als Herausgeber der die Insekten behandelnden Bände in „Bronn's Klassen und Ordnungen", des allgemeinen Teils des großen „Seitz" und der insektenkundlichen Teile in den „Fortschritten der Zoologie" (1937—50) um die allgemeine Entomologie Verdienste erworben.

Sein reiches Lebenswerk hat ihm zahlreiche Ehrungen und Anerkennungen aus der ganzen Welt eingetragen: So war er u. a. Ehrenmitglied der Royal Entomological Society London, der Zoolog. Society of India, der American entomological Society und Inhaber der Fabricius-Medaille der Deutschen Entomolog. Gesellschaft.

Dr. H. Buck, Stuttgart

Referate

Bibliographie der Pflanzenschutzliteratur 1950. Herausgeg. v. d. Biol. Bundesanstalt f. Land- u. Forstw. in Berlin-Dahlem (bearbeitet von Dr. J. Bärner). 438 S., P. Parey Verlag Berlin 1956. Preis brosch. DM 42,—.

Nach dem bewährten Vorbild der bisher erschienenen 23 Bände der Bibliographie ist auch der vorliegende zusammengestellt, der die bis jetzt noch bestehende Lücke der Jahre 1946—50 erfreulicherweise weiter einengt. Auch er erschien in Titeln, Einleitungen, Kapitelüberschriften und „lebenden Kolumnen"-Titeln dreisprachig (deutsch, englisch, französisch), wodurch die Bibliographie, die die gesamte Weltliteratur auf dem Gebiete des Pflanzenschutzes einschließt, zu einem einzigartigen literarischen Hilfsmittel unseres Faches von internationaler Bedeutung geworden ist. Mit dem Erscheinen der noch fehlenden Bände für die Jahre 1946—49 ist in absehbarer Zeit zu rechnen. — Z.

Krümmel, H. und **Brauns, A.** Myasis des Auges (Medizinische und entomologische Grundlagen), 66 S., 16 Abb. Duncker & Humblot-Verlag Berlin 1956. Preis brosch. DM 16,—.

Durch Dipterenlarven verursachte Augenerkrankungen des Menschen (Ophthalmomyasis externa und O. interna) sind nicht nur in Tropen und Subtropen verbreitet, sondern auch im europäischen Raum. Selbst aus dem hohen Norden sind Myasisfälle bekannt geworden. In den Fachlehrbüchern sind die darüber vorliegenden Erfahrungen nur unzureichend berücksichtigt. Auf Grund eingehender Studien der im Weltschrifttum verstreuten Einzelberichte und eigener Beobachtungen unterzogen sich die beiden Verfasser dankenswerterweise der Aufgabe, das für den praktischen Arzt vom medizinischen und entomologischen Standpunkt Wichtigste in der vorliegenden Schrift zusammenzufassen. Der medizinische Teil orientiert ausgezeichnet über den Stand von Diagnose und Therapie der O. externa und interna (von denen die erstere bei einigen Dipterenarten Prodromalstadium der gefährlichen externa werden kann). Der von Brauns bearbeitete, entomologische Teil bringt eine auch für den Fachentomologen wertvolle und gut bebilderte Zusammenstellung der obligatorischen, fakultativen und akzidentellen Myasiserreger, zu denen Vertreter der *Calliphoriden, Oestriden, Piophiliden,* Museiden *(Musica domestica!)* und wahrscheinlich auch der *Phoriden* gehören. — Z.

La lutte chimique contre les Hannetons et les vers blancs. (Actualités agronomiques Sér. C. Epiph. Nr. 1.) Herausgegeben vom Inst. Natl. de la Recherche Agronomique, 7 Rue Koppler, Paris. 158 S. u. zahlreiche Abb., Paris 1954.

Weit mehr als in Mitteleuropa sind in Frankreich die großen Agrargebiete seit jeher durch Maikäfer (*M. Melolontha* L.) und Engerlinge gefährdet. Großschäden treten hier in dreijährigem Umlauf und jeweils zwei Jahre nach dem Massenflug der Käfer auf, die in fast allen Teilen Frankreichs (vom Alpenvorland abgesehen) dreijährige Entwicklungsdauer zeigen. Durch die extremen Witterungsverhältnisse einiger Nachkriegsjahre nahmen die Schäden katastrophales Ausmaß an. Dies gab Veranlassung zu einer großzügig geplanten Aktion, die Forschungen zur Bionomie und Ökologie des Maikäfers, Versuche zur Bekämpfung von Käfern und Engerlingen mit neuzeitlichen Insektiziden und Großbekämpfungs-Unternehmungen in den einzelnen Ländern umfaßte. 24 Fachentomologen waren maßgebend daran beteiligt. Der vorliegende Sammelbericht umfaßt in mehreren selbständigen Aufsätzen die Ergebnisse ihrer seit 1948 laufenden Arbeiten. Es gibt einen ausgezeichneten Überblick über die Maikäferlage in Frankreich und das von seiten der Regierung vorbildlich organisierte und geförderte Unternehmen zur Beseitigung der Maikäferplage. Auch die wissenschaftlichen Ergebnisse der Aktion sind bemerkenswert. Bekämpfungstechnisch entsprechen die französichen Erfahrungen im wesentlichen den im Bundesgebiet gemachten: Die Bekämpfung der Engerlinge mit geeigneten Insektiziden ist wirksamer und wirtschaftlicher als jene der Käfer, die nur bedingt Erfolg verspricht. — Z.

Eichler, W. Malariabekämpfung durch Streuflugzeuge (Parasitologische Schriftenreihe Heft 5), 68 S., 35 Abb., Veb. G. Fischer Verlag Jena 1956. Preis brosch. DM 7,50.

Der Verfasser berichtet eingehend über die Flugzeugeinsätze zur Malariabekämpfung auf deutscher Seite während des letzten Krieges im Balkan und in Südrußland, an denen er maßgebend beteiligt war. Die Aktionen richteten sich gegen die Larven an den Brutstätten. An Insektiziden kamen zur Anwendung Arsenpräparate (Schweinfurter Grün und Calciumarseniat) mit „Straßenstaub" als Trägerstoff gemengt sowie Thiodiphenylamin. Auch das über reiche Erfahrungen verfügende russische Schrifttum zur Malariabekämpfung vom Flugzeug aus ist in der Schrift berücksichtigt. Nicht dagegen bedauerlicherweise die amerikanischen Erfahrungen mit Flugzeugeinsätzen zur Malariabekämpfung, die bekanntlich zu einer raschen Entscheidung auf dem ostasiatischen Kriegsschauplatz wesentlich beigetragen haben. Bei diesen kamen DDT Präparate zur Anwendung. Diese werden von Eichler nur beiläufig erwähnt und ihre Bedeutung für das Problem wird wohl nicht ganz richtig eingeschätzt. — Z.

Schmidt, M. Landwirtschaftlicher Pflanzenschutz (2. erweiterte Aufl.). 396 S., zahlr. Textabb., Deutscher Bauernverlag, Berlin 1956. Preis geb. DM 9,50.

Schmidt, G. Pflanzenschutz im Obstbau. 339 S., zahlreiche Textabb., Deutscher Bauernverlag, Berlin 1956. Preis geb. DM. 12,—.

Mit den beiden vorliegenden Bänden ist das deutsche Pflanzenschutz-Schrifttum um zwei wertvolle Lehrbücher bereichert worden. Daß der „Landwirtschaftliche Pflanzenschutz" des Verfassers schon wenige Jahre nach seinem ersten Erscheinen jetzt in erweiterter Neuauflage herauskam, ist ein Zeichen seiner Brauchbarkeit als Lehrmittel und der erfreulichen Nachfrage, die im Rahmen des akademischen Pflanzenschutzunterrichts und der Praxis nach derartigen gut orientierenden Schriften besteht. Der neu erschienene „Pflanzenschutz im Obstbau", der vom Verfasser nach denselben bewährten Richtlinien zusammengestellt wurde, wie der „Landwirtschaftliche Pflanzenschutz" ist diesem in jeder Hinsicht gleichwertig. Der Gedanke des Verfassers, in beiden Büchern die „Pflanzenhygiene" zur Grundlage aller Pflanzenschutzmaßnahmen zu machen und hierzu diesen zunächst eine gedrängte Übersicht der Umweltansprüche der verschiedenen Kulturpflanzen vorausgehen zu lassen, ist äußerst glücklich. Nur bei Berücksichtigung dieser Ansprüche an Boden, Klima, Standort — dem Inbegriff der Pflanzenhygiene — können die natürlichen Abwehrkräfte der Pflanze aktiviert und zur vollen Entfaltung gebracht werden. Im übrigen werden in beiden Bänden Krankheitsursachen und Erreger der unbelebten und belebten Umwelt behandelt. Unter den letzten finden Pilzkrankheiten, Bakteriosen, Viruserkrankungen und Schädigungen durch Insekten Berücksichtigung. Im Rahmen der Therapie werden, neben Kulturmaßnahmen und biologischer Bekämpfung, die Verfahren des neuzeitlichen Pflanzenschutzes mit chemischen Mitteln nach dem neuesten Stand behandelt. Alles in allem: zwei Bände, die von Sachkenntnis und Vertrautheit des Verfassers mit dem wissenschaftlichen Fachschrifttum und den Forderungen und Bedürfnissen der Praxis zeugen. Stoffauswahl und Darstellung verraten ein gutes Lehrgeschick. — Z.

Krankheiten und Schädlinge im Gemüsebau und ihre Bekämpfung

Von Prof. Dr. W. KOTTE, Freiburg i. Br.

2. neubearb. Aufl. / 1952 / 288 Seiten mit 186 Abb. und 8 Farbtafeln
Kartoniert 24,— DM / In Ganzleinen 27,— DM

Das Buch des bekannten Fachmannes, dem wissenschaftliche Kenntnisse und praktische Erfahrung in gleichem Maße zur Verfügung stehen, vermittelt das für Studium und Praxis notwendige Wissen, um Schädlinge und Krankheiten in den Gemüsekulturen zu erkennen und wirksam zu bekämpfen. Die großen Fortschritte von Chemie und Technik auf dem Gebiet des gemüsebaulichen Pflanzenschutzes werden entsprechend ihrer Bedeutung in ausführlichen Kapiteln behandelt, wobei auch die Spurenelemente-Düngung genügend berücksichtigt wird. Instruktive Abbildungen vervollständigen das Werk und sind eine wertvolle Hilfe beim Erkennen von Schädigungen.

„Mit dem vorliegenden Werk liegt ein neues repräsentatives Handbuch der Krankheiten und Schädlinge im Gemüsebau vor, das nicht nur dem heutigen Stand von Wissenschaft und Forschung entspricht, sondern auch eine feste Basis für weitere Untersuchungen und Forschungen auf diesem Gebiete schafft. Deshalb kann das Buch nicht nur Lehrern und Schülern unserer Fachschulen, den Wirtschaftsberatern und den fortschrittlichen Gemüsebauern, sondern auch den beteiligten Kreisen der Wissenschaft und der landwirtschaftlichen Verwaltung zur Anschaffung dringend empfohlen werden."

Agrarbibliographie

Vom gleichen Verfasser:

Krankheiten und Schädlinge im Obstbau und ihre Bekämpfung

3. neubearbeitete Auflage in Vorbereitung / Erscheint im Frühjahr 1957

Das bekannte Standardwerk des Pflanzenschutzes im Obstbau wurde, den vielfachen Fortschritten und Erkenntnissen der letzten Jahre entsprechend, umfassend neubearbeitet und damit ganz den Erfordernissen der Jetztzeit angepaßt. Es vermittelt jedem, der Obstbau treibt oder in ihm lehrend oder beratend tätig ist, einen maßgeblichen Überblick über die biologischen und technischen Kenntnisse, die zur erfolgreichen Bekämpfung von Krankheiten und Schädlingen im Obstbau notwendig sind. Zahlreiche neue, instruktive Abbildungen veranschaulichen den Text; besonders hervorzuheben sind die 8 ganzseitigen Farbphotos, die für diese Auflage von G. Spitzer neu gefertigt wurden.

VERLAG PAUL PAREY · BERLIN UND HAMBURG

Die Bestimmung von Insektenschäden im Walde

nach Schadensbild und Schädling

Von Prof. Dr. Erwin Schimitschek

1955 / 196 Seiten mit 290 Abbildungen / Ganz auf Kunstdruckpapier

In Ganzleinen 19,80 DM

„Der forstentomologischen Literatur fehlte ein Werk, das — vom Fraß- oder Schadbild ausgehend — die einwandfreie Bestimmung des Erregers gestattet. Für den forstlichen Praktiker, dem zunächst meist nur Schadbilder begegnen, aber auch für den am Wald und seiner Lebensgemeinschaft interessierten Biologen war ein Bestimmungsbuch dieser Art als „erste Hilfe" zur Erkennung und Beurteilung drohender Insektenschäden und als Ergänzung des in Lehr- und Handbüchern niedergelegten Stoffes ein dringendes Bedürfnis. Es ist ein unbestreitbares Verdienst des Verfassers, diesem Mangel durch sein Buch in glücklichster Weise abgeholfen zu haben. Das in der Anlage ganz neuartige Werk enthält den Niederschlag seiner vieljährigen in Österreich gesammelten Erfahrungen auf forstentomologischem Gebiet. Es ist aus der Praxis der Forstentomologie heraus für die Praxis geschrieben."

Forstwissenschaftliches Centralblatt

„Das übersichtlich angelegte, vorzüglich ausgestattete und reich mit guten Abbildungen versehene Buch wird nicht nur dem Praktiker gute Dienste leisten. Seine Anschaffung ist darüber hinaus allen Institutionen zu empfehlen, die sich mit der einschlägigen Materie befassen."

Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes

Vocabularium polyglottum vitae silvarum

Waldbiologisches Fachwörterbuch
auf der Grundlage der wissenschaftlichen Nomenklatur

Latein — Deutsch — Französisch — Englisch — Spanisch — Russisch

Von Risa v. Litschauer

1955 / 126 Seiten / In Ganzleinen 24,— DM

„Im Hauptteil des Vocabulariums werden in alphabetischer Reihenfolge und fortlaufend numeriert den lateinischen, d. h. wissenschaftlichen Namen die entsprechenden Ausdrücke in den fünf Sprachen: deutsch, englisch, französisch, spanisch und russisch, gegenübergestellt. Es handelt sich um 990 Namen von Pflanzen, angefangen von den verschiedensten Holzarten bis zu den mikroskopischen Pilzen, und von Tieren, Säugern, Vögeln, Insekten, Würmern usw., soweit sie irgendwie mit dem Walde zu tun haben. Bei parasitären Pilzen und Insekten wird gleichzeitig der Name der Krankheit oder der Schädigungen, die durch sie hervorgerufen werden, angegeben ... Das Buch wird jedem Forstmann und Wissenschaftler, der fremdsprachige Bücher oder Zeitschriften liest, eine große Hilfe sein, wenn er auf ihm unbekannte Pflanzen-, Tier- oder Krankheitsnamen trifft. Das Satzbild ist sehr klar und übersichtlich, die Bearbeitung außerordentlich sorgfältig."

Mitteilungen der Deutschen Dendrologischen Gesellschaft

„Es sei besonders betont, daß das waldbiologische Fachwörterbuch eine empfindliche Lücke im bestehenden Schrifttum schließt und für alle auf dem Gebiet der Forstwissenschaft und Forstwirtschaft Arbeitenden unentbehrlich ist. Für die Bearbeitung dieses schwierigen Materials sind wir der Verfasserin und für die Veröffentlichung dem Verlag zu Dank verbunden."

Anzeiger für Schädlingskunde

VERLAG PAUL PAREY · HAMBURG UND BERLIN